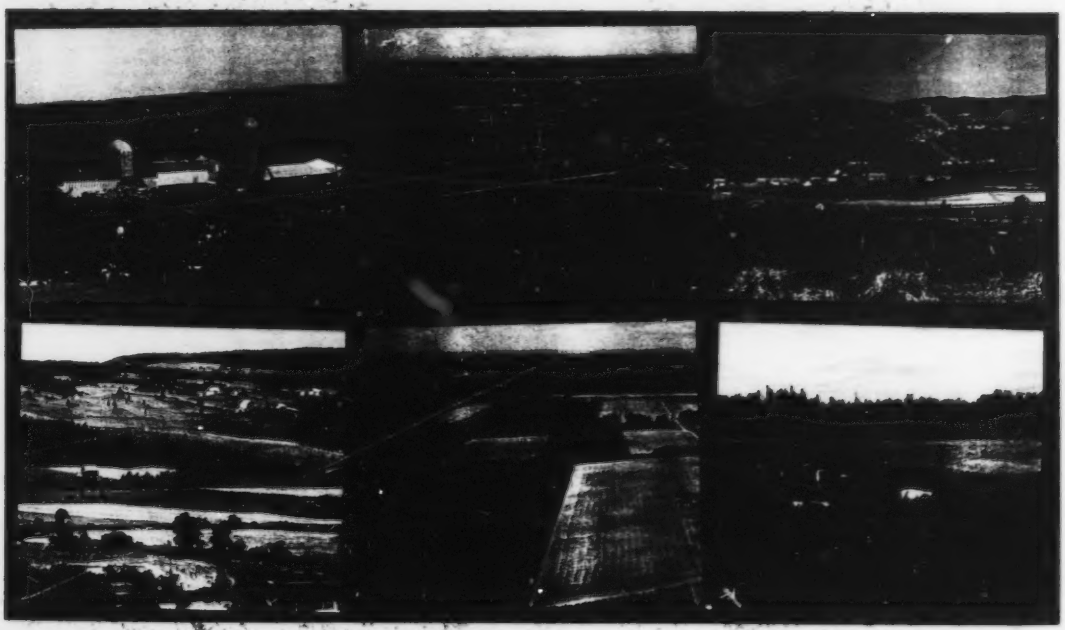
INVENTAIRE DES PROBLÈMES DE DÉGRADATION DES SOLS AGRICOLES DU QUÉBEC

RAPPORT SYNTHÈSE



ENTENTE AUXILIAIRE CANADA-QUÉBEC SUR LE DÉVELOPPEMENT AGRO-ALIMENTAIRE

Canada

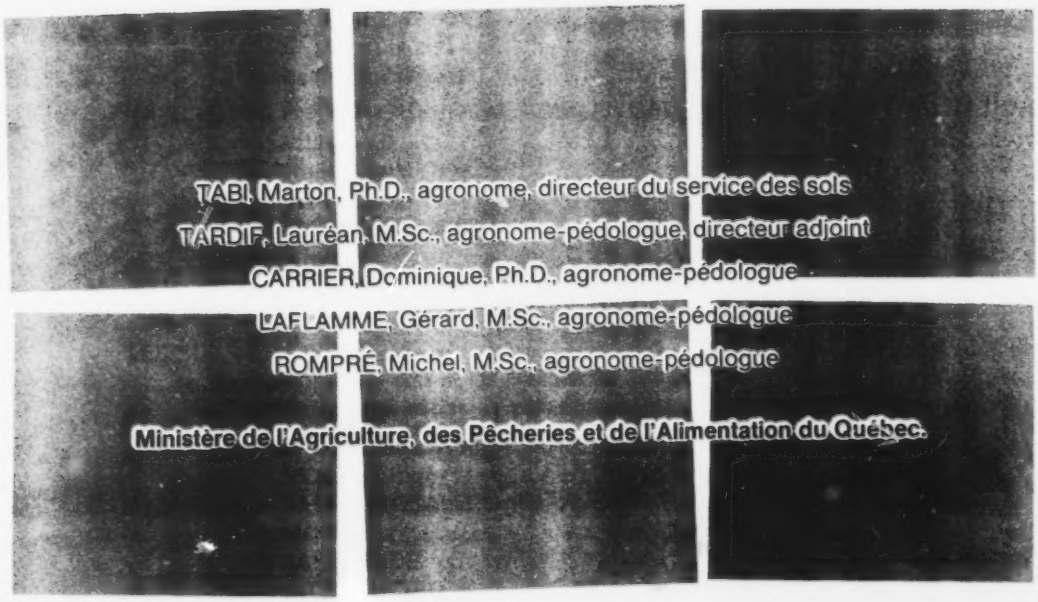
1990

Québec

Les photographies de la page couverture
ont été fournies par la Direction des communications,
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

INVENTAIRE DES PROBLÈMES DE DÉGRADATION DES SOLS AGRICOLES DU QUÉBEC

RAPPORT SYNTHÈSE



TABI, Marton, Ph.D., agronome, directeur du service des sols

TARDIF, Lauréan, M.Sc., agronome-pédologue, directeur adjoint

CARRIER, Dominique, Ph.D., agronome-pédologue

L'AFLAMME, Gérard, M.Sc., agronome-pédologue

ROMPRÉ, Michel, M.Sc., agronome-pédologue

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

ENTENTE AUXILIAIRE CANADA-QUÉBEC SUR LE DÉVELOPPEMENT AGRO-ALIMENTAIRE

Canada

1990

Québec

Gouvernement du Québec
Dépôt légal — 4e trimestre 1990
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN: 2-550-211161-8
Publication no: 90-130156

Achevé d'imprimer sur les presses de
La Lithographie Bourgneuf Inc. à Québec

TABLE DES MATIÈRES

OBJECTIF 5

MANDAT 5

RÉALISATION 6
- Direction et rédaction 6
- Équipes techniques 6

COLLABORATION 7
- Équipe de laboratoire 7
- Composition graphique 7
- Équipe de secrétariat 7
- Informatique 7
- Méthodes statistiques 7
- Adjoint à la rédaction 7

REMERCIEMENTS 8

AVANT-PROPOS 9

LE QUÉBEC AGRICOLE 11
- Le milieu physique 11
- Les régions agricoles du Québec 11
- Évolution récente de l'agriculture québécoise 12

MÉTHODE DE L'INVENTAIRE 20
- Introduction 20
- Énoncé des principes fondamentaux de la méthode 20
- Éléments de la méthode 20
- Modalité et nature des opérations 20
- Traitements statistiques 21

NATURE DES PHÉNOMÈNES, FACTEURS EN CAUSE ET NORMES D'ÉVALUATION 23
- Compactage 23
- Détérioration de la structure 23
- Acidification 23
- La matière organique du sol 24
- Érosion hydrique 25
- Érosion éolienne 26
- Pollution 27

LES SOLS ÉTUDIÉS 30
- Les groupes de sols et les classes texturales 30
- Énumération des séries de sols étudiés 31

RÉSULTATS ET DISCUSSION À LA SÉRIE 33
- Série RIDEAU érodé 34
- Série SAINTE-ROSALIE argile lourde 36
- Série MORIN 38
- Série SAINT-JUDE 40
- Série GREENSBORO 41
- Série SHERBROOKE 43

MODIFICATIONS DES PROPRIÉTÉS DES SOLS SELON LES MONOCULTURES 45

PHÉNOMÈNES OBSERVÉS 55

ENVERGURE DES PHÉNOMÈNES 64

RECOMMANDATIONS 67

CONCLUSION 69

ANNEXE 1: Guide pratique de conservation 71

TABLEAUX:

1 : Superficies par région agricole 12
2 : Répartition selon les cultures par région agricole 13
3 : Classes de réaction selon le pH du sol 24
4 : Niveaux de matière organique du sol selon la texture 25
5 : Pertes de sol annuelles moyennes à trois stations d'essais situées respectivement au Lac Saint-Jean, dans le comté de Charlevoix et dans les Cantons de l'Est 26
6 : Résumé des recommandations pour prévenir l'érosion des sols en fonction de la pente 26
7 : Niveaux d'éléments minéraux évalués par la méthode Mehlich-3 28
8 : Classes de drainage et signification des symboles 31
9 : Topographie ou classes de pentes 31
10,1 : Caractéristiques des sols du groupe 1 31
10,2 : Caractéristiques des sols du groupe 2 32
10,3 : Caractéristiques des sols du groupe 3 32
11,1 : Modifications des propriétés des sols du groupe 1 selon les monocultures 45
11,2 : Modifications des propriétés des sols du groupe 2 selon les monocultures 50
11,3 : Modifications des propriétés des sols du groupe 3 selon les monocultures 53
12,1 : Nature de la dégradation des sols du groupe 1 et recommandations 55
12,2 : Nature de la dégradation des sols du groupe 2 et recommandations 60
12,3 : Nature de la dégradation des sols du groupe 3 et recommandations 63
13 : Envergure des phénomènes de dégradation des sols minéraux par la monoculture 64

FIGURES:

1 : Répartition par région des terres améliorées selon l'utilisation agricole 14
2 : Répartition selon l'utilisation agricole des terres améliorées du Québec 19
3 : Répartition selon l'utilisation des terres améliorées des régions agricoles 4, 6, 7, 10 et 11 19
4 : Répartition selon l'utilisation des terres améliorées des régions agricoles 1, 2, 3, 5, 8, 9 et 12 19
5 : Répartition des monocultures entre les basses terres du Saint-Laurent et les autres régions physiographiques 19
6 : Classes texturales du sol 30
7 : Envergure des phénomènes de dégradation des sols du Québec 65
8 : Envergure des phénomènes selon les régions agricoles 66

CARTES:

- Les régions agricoles du Québec 15
- Le climat du Québec 16
- La distribution des Unités-Thermiques-Maïs (U.T.M.) 17
- Les régions physiographiques du Québec méridional 18

OBJECTIF

L'objectif de l'inventaire est d'identifier les facteurs responsables de la dégradation de la qualité du sol agricole et de préciser la nature et l'envergure des phénomènes dans chaque région agricole du Québec afin de tenir compte des risques et de guider la recherche et l'application de solutions pertinentes aux problèmes de compactage, de diminution de la matière organique, de détérioration de la structure, d'acidification, d'érosion et de contamination ou pollution.

MANDAT

Le mandat de réalisation de l'inventaire a été confié au Service des sols, direction de la recherche et du développement, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec, qui dispose d'une grande expertise de recherche en sol.

RÉALISATION

Le programme de l'inventaire des problèmes de dégradation des sols a été réalisé à travers tout le Québec. Le personnel engagé à cette occasion, identifié aux équipes techniques, a procédé à l'échantillonnage et aux mesures sur le terrain sous la supervision des agronomes-pédologues, et aux analyses de laboratoire en collaboration avec le personnel régulier du Service des sols.

DIRECTION ET RÉDACTION

TABI, Marton, Ph.D. agronome,
directeur du service des sols
TARDIF, Lauréan, M.Sc., agronome-pédologue,
directeur adjoint
CARRIER, Dominique, Ph.D., agronome-pédologue
LAFLAMME, Gérard, M.Sc., agronome-pédologue
ROMPRÉ, Michel, M.Sc., agronome-pédologue

ÉQUIPES TECHNIQUES

BEAUDOIN, Benoit, agronome, chef d'équipe
COCHRANE, Claude, agronome
DAIGLE, Luc, technicien
DEMERS, Gaétan, ingénieur
DUBÉ, François, agronome
DUBÉ, Maryse, agronome, chef d'équipe
FORTIN, Raymonde, agronome, chef d'équipe
GOSSELIN, Bruno, agronome, chef d'équipe
LAPOINTE, Mario, agronome, chef d'équipe
MONDOU, Bernard, agronome, chef d'équipe
PLANTE, Guy, agronome
ROBITAILLE, Line, agronome
ROULEAU, Martin, technicien
THÉBERGE, André, agronome
TREMBLAY, Raymond, agronome
TRUDEL, Marc, agronome, chef d'équipe

COLLABORATION

ÉQUIPE DE LABORATOIRE

AUDESSE, Pierre, technicien principal
DRAPEAU, Anne, agronome
FORTIN, Gérard, technicien
GAGNON, Martin, technicien
PARADIS, Michel, technicien
SCHIETTEKATTE, Daniel, agronome
TREMBLAY, Louise, technicienne

COMPOSITION GRAPHIQUE

CÔTÉ, Claude, tech. en arts appl. et graph.
GILBERT, Ghislain, tech.en arts appl. et graph.
LEMAY, Yves, tech. en arts appl. et graph.
ST-PIERRE, Nicole, agente de secrétariat

ÉQUIPE DE SECRÉTARIAT

ARSENAULT, Élaine, agente de secrétariat
BRIE, Aline, agente de bureau
DUMONT, Pauline, technicienne en administration
GODIN, Marie-Josée, agente de secrétariat

INFORMATIQUE

BOULÉ, Daniel, B.Sc.Agr. et informaticien

MÉTHODES STATISTIQUES

LAPOINTE, Denis, bio-statisticien

ADJOINT À LA RÉDACTION

OUELLET, Luc, M.ès arts, géographe et pédologue

REMERCIEMENTS

Le comité de rédaction remercie ceux et celles qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de l'inventaire. Nos remerciements s'adressent au personnel des ministères d'Agriculture Canada et d'Agriculture, Pêcheries et Alimentation Québec supportant ce programme.

Nous tenons à souligner de façon particulière l'accueil et la disponibilité des gestionnaires, des conseillers, des producteurs et des productrices agricoles à qui nous dédions cette étude.

AVANT-PROPOS

L'agriculture québécoise traditionnellement fondée sur l'industrie laitière et les productions herbagères a connu des modifications profondes au cours des dernières décennies. La concentration de la production porcine ou avicole, l'usage accru des fertilisants, l'utilisation d'une machinerie de plus en plus lourde, l'intensification des cultures industrielles et de la monoculture de plantes annuelles dans plusieurs régions posent des questions face à la problématique de la protection de l'environnement et de la conservation des sols en vue d'une agriculture respectueuse du milieu.

Les études préliminaires et les estimés sommaires démontrent que les régimes intensifs de productions causent la dégradation de la qualité du sol. Il devenait par conséquent impératif d'en savoir plus sur l'état de dégradation des sols du Québec. C'est alors qu'il fut suggéré de procéder à un inventaire scientifique sur la nature et l'envergure des phénomènes pour lever le doute et faire la lumière en ce domaine.

Cette idée a été retenue à l'Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire 1987-1990, conclue le 17 février 1987, où les deux gouvernements conviennent de procéder à l'inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec en vue de leur conservation et de leur amélioration.

Entrepris en 1987, il porte exclusivement sur les sols minéraux totalisant 1,7 million d'hectares en culture dans les douze régions agricoles du Québec. Pour fin de l'inventaire de l'état des sols selon une méthode unique, les quelque 10 000 hectares de sols organiques en culture dans la région Sud-Ouest de Montréal en sont exclus étant donné leur particularité et leur importance secondaire face à tout le territoire agricole québécois.

L'inventaire s'inscrit directement dans la foulée des études pédologiques. Il n'aurait pas été possible sans les études alors existantes. En effet, les études antérieures ont conduit à la connaissance des sols et de leur répartition dans le territoire. Les sols identifiés sous le vocable de série y sont décrits selon leurs propriétés physico-chimiques naturelles et représentés géographiquement sur les cartes pédologiques. La série groupant des sols essentiellement de même type, de propriétés semblables, permet d'atteindre l'objectif par échantillonnage d'un nombre limité de champs, choisis selon les cultures et le type de sol, au lieu de l'étude d'une multitude de champs sans distinction des sols et des cultures.

Toutes choses étant égales par ailleurs, les sols semblables soumis aux mêmes conditions culturales se comportent de la même façon. De là, la relation entre la monoculture et la dégradation des sols vulnérables. C'est pourquoi toute l'action passe ici par les séries et les cultures.

L'expérience prouve que la monoculture de plantes annuelles selon les pratiques traditionnelles est plus susceptible de causer la dégradation des sols que la prairie où le tapis végétal et le lacis racinaire permanents préviennent la dégradation par l'érosion, la perte de matière organique, le bris des agrégats et le compactage attribuables aux cultures et aux passages des instruments et de l'équipement lourd. Sans compter que la fertilisation y est plus généreuse que sous prairie et peut occasionner l'excès de certains éléments minéraux.

La méthode originale élaborée tient compte de deux paramètres à savoir le sol et la culture. Elle est bidimensionnelle en ce sens que le sol et la culture sont continuellement pris en compte en vue de déceler les symptômes de dégradation attribuable aux pratiques culturales, révélés par les facteurs mesurés tels la porosité, la densité, la conductivité hydraulique, la stabilité des agrégats, le contenu en matière organique, le pH, la teneur en phosphore, en potassium et autres éléments utiles à la croissance des plantes, ainsi que la présence de métaux lourds jugés d'aucune utilité en alimentation végétale ou animale.

Les données obtenues par les techniques de terrain et les méthodes d'analyses de laboratoires standard ont été soumises à un traitement statistique qui assure l'objectivité d'interprétation des faits établis sur la base des critères observés.

L'exercice mené à travers les douze régions agricoles du Québec a conduit à l'évaluation de l'état de dégradation des sols agricoles; à l'identification des sols dégradés et à la désignation des territoires les plus affectés afin de dégager des éléments de solution à court et à moyen termes par la recherche et l'application de remèdes appropriés.

La dégradation n'est pas toujours spectaculaire bien qu'elle soit évidente par interprétation des données de l'inventaire.

Le sol dégradé est identifié directement des résultats d'analyses tandis que l'envergure des phénomènes est estimée de la superficie en monoculture, au prorata des séries, compte tenu que les façons culturales dépendent des cultures.

Les sols de la série, sous la même culture que celle où on observe de la dégradation, sont dits dégradés et la balance de la superficie de cette série est considérée vulnérable. La compilation des superficies permet d'estimer l'envergure des phénomènes et de désigner les territoires les plus affectés.

Les résultats, discussion et conclusion sont présentés sous la forme d'un rapport synthèse de l'ensemble du territoire agricole québécois et d'un rapport par région agricole fournissant une foule de renseignements permanents concernant la qualité des sols et leur vulnérabilité à la dégradation, renseignements auxquels il sera toujours possible de référer, non seulement pour connaître l'évolution du sol mais encore ses propriétés en relation avec le besoin des plantes cultivées, en vue de recommandations agronomiques.

Ces documents, avec les cartes pédologiques, deviendront désormais l'ouvrage de référence faisant autorité en conservation et amélioration des sols du Québec.

La rédaction

LE QUÉBEC AGRICOLE

Par rapport à la superficie totale du Québec (135 millions d'hectares), le domaine agricole ne compte que pour 2,8 pour cent et se limite au 49e parallèle de latitude nord. Les 41 448 fermes recensées en 1986 n'occupent que 3,6 millions d'hectares, améliorés à 60 pour cent et cultivés à 48 pour cent.

L'agriculture se trouve dans les régions physiographiques du Québec méridional naturellement découpées en zones climatiques et arbitrairement divisées en douze régions administratives agricoles.

LE MILIEU PHYSIQUE

La région physiographique des basses terres du Saint-Laurent, (dite plaine du Saint-Laurent), enchassée entre celles des Appalaches et des Laurentides, possède une topographie plane et des sols argileux à drainage lent par endroits et, sablonneux tantôt bien tantôt mal drainés ailleurs. Contrairement à la plaine du Saint-Laurent, les deux autres régions présentent une topographie ondulée ou accidentée et des sols pierreux, constitués de till glaciaire, généralement de texture de loam sableux, sauf les enclaves argileuses de la plaine du Lac Saint-Jean et du bas plateau d'Abitibi.

À vrai dire, le Québec fait son agriculture de sa géographie: la topographie, le sol et le climat y sont les facteurs naturels déterminants. Au total 58 pour cent des terres améliorées soit 1 380 000 hectares se situent dans les basses terres du Saint-Laurent comparativement à 28 pour cent (660 000 ha) dans les Appalaches et 14 pour cent (320 000 ha) dans les Laurentides, la plaine du Lac Saint-Jean et celle d'Abitibi-Témiscamingue. Région relativement jeune en agriculture (à peine 50 ans), l'Abitibi se démarque bien par sa situation nordique et ses sols argileux. Elle se caractérise par son agriculture à base d'herbage, ses silos-meules et l'élevage de bovins laitiers ou de boucherie. D'ailleurs, la monoculture de plantes annuelles n'y occupe pas grand place. Le bilan thermique annuel y est de 2000 degrés-jours et bon an mal an, la période sans gel ne dépasse pas 80 jours, ce qui limite la gamme des cultures. Il en est de même, quoi qu'à un degré moindre, de la région Saguenay-Lac Saint-Jean et de celle du Bas Saint-Laurent-Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine.

À l'opposé, le secteur des basses terres du Saint-Laurent en amont du Lac Saint-Pierre jouit d'un climat beaucoup plus favorable malgré un déficit hydrique saisonnier entre les précipitations et l'évapotranspiration. La période sans gel y égale ou dépasse 120 jours tandis que le bilan annuel y est de 3250 degrés-jours ou plus, équivalant approximativement à 2500 unités thermiques maïs (UTM)

Entre ces extrêmes, on observe toute une gamme de zones climatiques. La période sans gel et le nombre de degrés-jours diminuent si on s'oriente du sud-ouest vers le nord ou le nord-est. Tel qu'illustré aux cartes ci-contre, le nombre de degrés-jours atteint à peine 3 000 à Québec et les unités thermiques maïs sont inférieures à 2300 dans la région agricole Beauce-Appalaches et autres régions plus au nord. En pratique, à cause de l'importance du maïs-grain, la monoculture est surtout concentrés dans les régions agricoles Bois-Francs, Richelieu-Saint-Hyacinthe, Sud-Ouest de Montréal et Nord de Montréal, entièrement situées dans le secteur des basses terres du Saint-Laurent où les unités thermiques maïs sont supérieures à 2300 (Figures 2 et 5). En effet, 92 pour cent du maïs-grain produit au Québec se trouve dans ces régions. Tel qu'il ressort du tableau 2, elle est la monoculture la plus importante en superficie compte tenu que plus de 50 pour cent de celles en céréales font partie de la rotation des cultures et qu'elles sont grainées en vue du renouvellement des prairies.

LES RÉGIONS AGRICOLES DU QUÉBEC

Pour fins administratives, le Québec a été divisé en 12 régions agricoles tel que mentionné précédemment. Elles sont présentées à la carte ci-contre et feront l'objet d'un rapport par région. Le Saguenay-Lac Saint-Jean-Côte Nord (12) et l'Abitibi-Témiscamingue (9) sont les deux régions les plus septentrionales, et au sud des basses terres du Saint-Laurent, dans les Appalaches se situent presqu'entièrement celles de l'Estrie (5), de Beauce-Appalaches (3) et du Bas Saint-Laurent-Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine (1). La région Québec (2) quant à elle, chevauche à la fois les Appalaches, les basses terres du Saint-Laurent et les Laurentides. Enfin, les régions Bois-Francs (4), Richelieu-Saint-Hyacinthe (6), Sud-Ouest de Montréal (7), Outaouais (8), Nord de Montréal (10) et Mauricie (11) se rattachent toutes aux basses terres du Saint-Laurent par la situation de leur bassin agricole.

EVOLUTION RÉCENTE DE L'AGRICULTURE QUÉBECOISE

De 1971 à 1986, on constate une évolution notable de l'agriculture. En premier lieu, il y a eu une diminution de 32 pour cent du nombre de fermes, de 18 pour cent de leur superficie totale et de 56 pour cent de la superficie en pâturage pendant que celle en culture se maintenait. L'agriculture québécoise traditionnellement fondée sur l'industrie laitière et la rotation des cultures (foin et céréales) a connu un virage important par endroits au cours des dernières décennies, notamment avec l'implantation du maïs-grain. À l'examen des statistiques, on remarque un abandon progressif de l'avoine et des céréales mélangées au profit du blé, de l'orge et du maïs-grain dont les superficies passent en quinze ans de 87 230 ha à 450 000 ha, soit une augmentation de 500 pour cent. Cette tendance est particulièrement évidente dans les basses terres du Saint-Laurent. Pendant que l'élevage porcin, lui, passait de 1 332 000 à 3 298 500 têtes annuellement.

En même temps que les productions s'intensifiaient, la machinerie lourde connaissait une vogue considérable. La fréquence du travail du sol a augmenté ainsi que l'usage des engrais chimiques pour atteindre 498 707 tonnes en 1984 comparativement à 136 727 en 1949, sans compter le volume important de lisier étant donné la concentration du porc dans certains secteurs. Ce sont là autant d'éléments ou de facteurs de risque de dégradation des sols, plus grands dans les régions spécialisées en monoculture de plantes annuelles qu'ailleurs où l'élevage du bovin laitier ou de boucherie est intégré aux pâturages, foin et céréales en rotation. Ce dernier type d'agriculture reste le trait principal des régions agricoles Bas Saint-Laurent-Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, Québec, Beauce-Appalaches, Abitibi-Témiscamingue et Saguenay-Lac Saint-Jean dont la répartition des superficies par cultures est donnée au tableau 2 et illustrée plus loin aux figures 1, 2, 3, 4 et 5.

Tableau 1: Superficies par région agricole

Région	Sup. tot.	Superficie	Superficie améliorée			% de la sup. totale améliorée
	(ha)	des fermes	totale	culture	pâturage	
01	4 248 909	437 162	232 435	186 065	39 630	5
02	2 980 866	403 815	220 577	175 478	33 760	7
03	1 039 067	403 394	180 292	133 727	37 842	17
04	561 667	322 521	224 346	187 421	29 782	40
05	1 006 536	382 343	180 132	134 136	36 801	14
06	498 823	343 907	279 922	255 931	15 198	56
07	410 235	254 797	207 220	189 476	10 904	50
08	4 313 197	298 078	133 078	97 409	28 685	3
09	6 607 731	221 537	101 381	76 747	19 085	15
10	2 458 575	221 389	161 979	140 662	12 569	7
11	3 227 251	126 560	85 451	71 185	11 252	3
12	30 234 319	223 383	129 673	96 146	26 613	0,4
Total	**57 587 176**	**3 638 886**	**2 136 486**	**1 744 383**	**301 121**	

Source recensement 1986

Tableau 2: Répartition selon les cultures par région agricole

Région	Céréales	Maïs g	Maïs e	Foin	Patates	Légumes	Tabac	Total (ha)
01	43 067	321	1 098	133 241	1 720	230		179 677
02	35 026	1 346	3 288	120 105	3 882	1 391		165 038
03	13 805	1 076	2 744	108 015	269	229		126 138
04	36 332	32 894	9 202	100 479	1 278	732		180 917
05	14 307	10 360	5 173	98 026	262	268		128 396
06	53 843	98 937	14 542	69 448	940	6 148	3	243 861
07	39 298	61 503	11 143	52 408	1 482	14 566		180 400
08	14 561	3 211	5 082	68 692	888	346	292	93 072
09	10 175		185	63 498	342	50		74 250
10	37 709	19 038	5 463	56 292	3 285	8 103	3 016	132 906
11	17 181	5 481	3 005	39 736	730	501	99	64 733
12	21 068		322	64 773	2 186	233		88 582
Total	336 372	232 167	61 247	974 718	17 264	32 797	3 410	1 657 970

Source recensement 1986

Considérant que les céréales contrairement au maïs-grain entrent dans la rotation des cultures avec les prairies et les pâturages, elles ne sont pas toutes considérées comme monoculture par le fait même. Nous verrons à la figure 2 la manière de les départager. Il ressort donc des tableaux et figures que la monoculture de plantes annuelles occupe une place plus ou moins grande selon les régions. Pratiquement inexistante par endroits, elle domine ailleurs ce qui prend une grande signification considérant qu'elle occasionne la dégradation des sols si on n'y prend garde.

C'est en tenant compte, entre autres, des notions qui précèdent que la méthode de l'inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec a été élaborée.

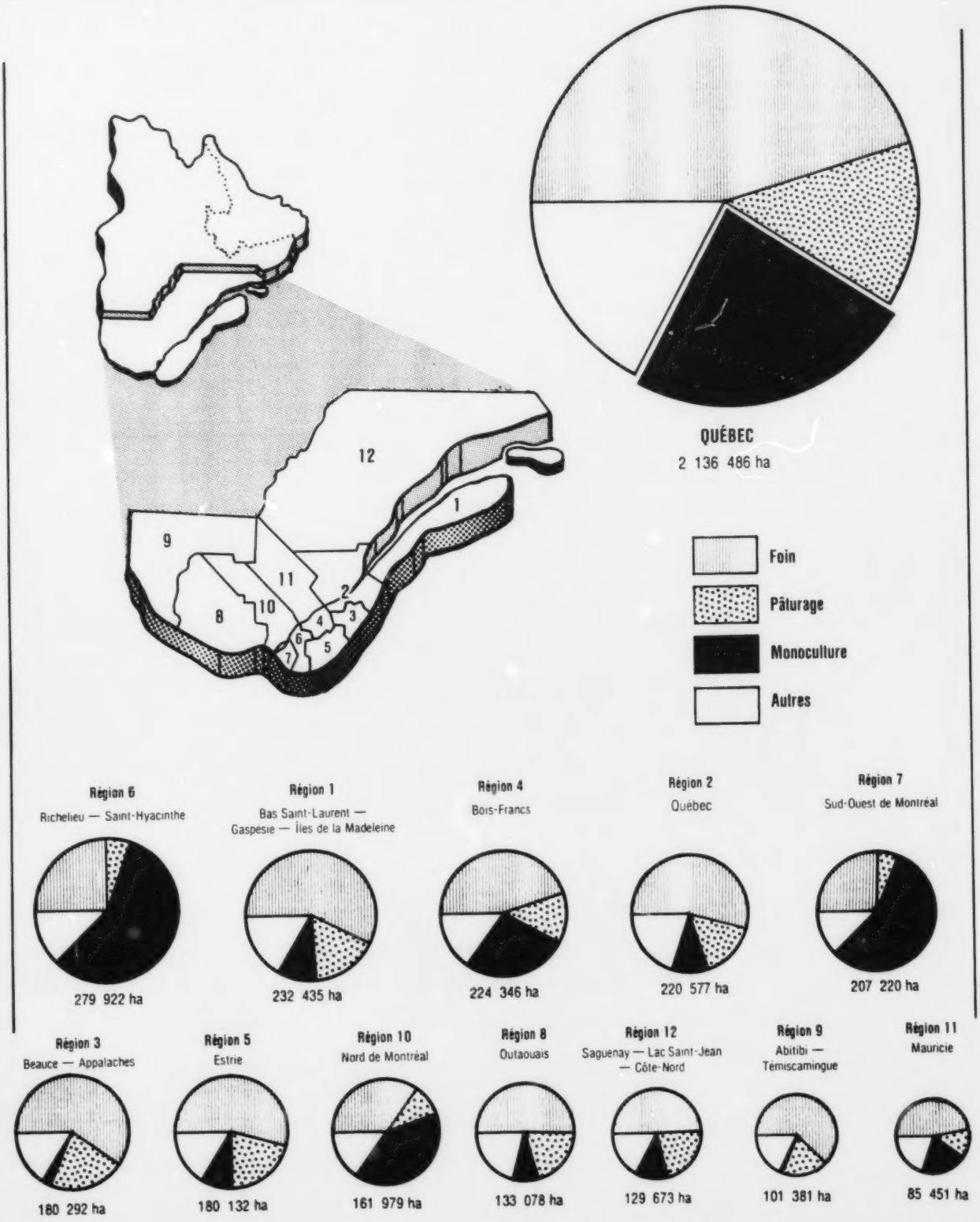
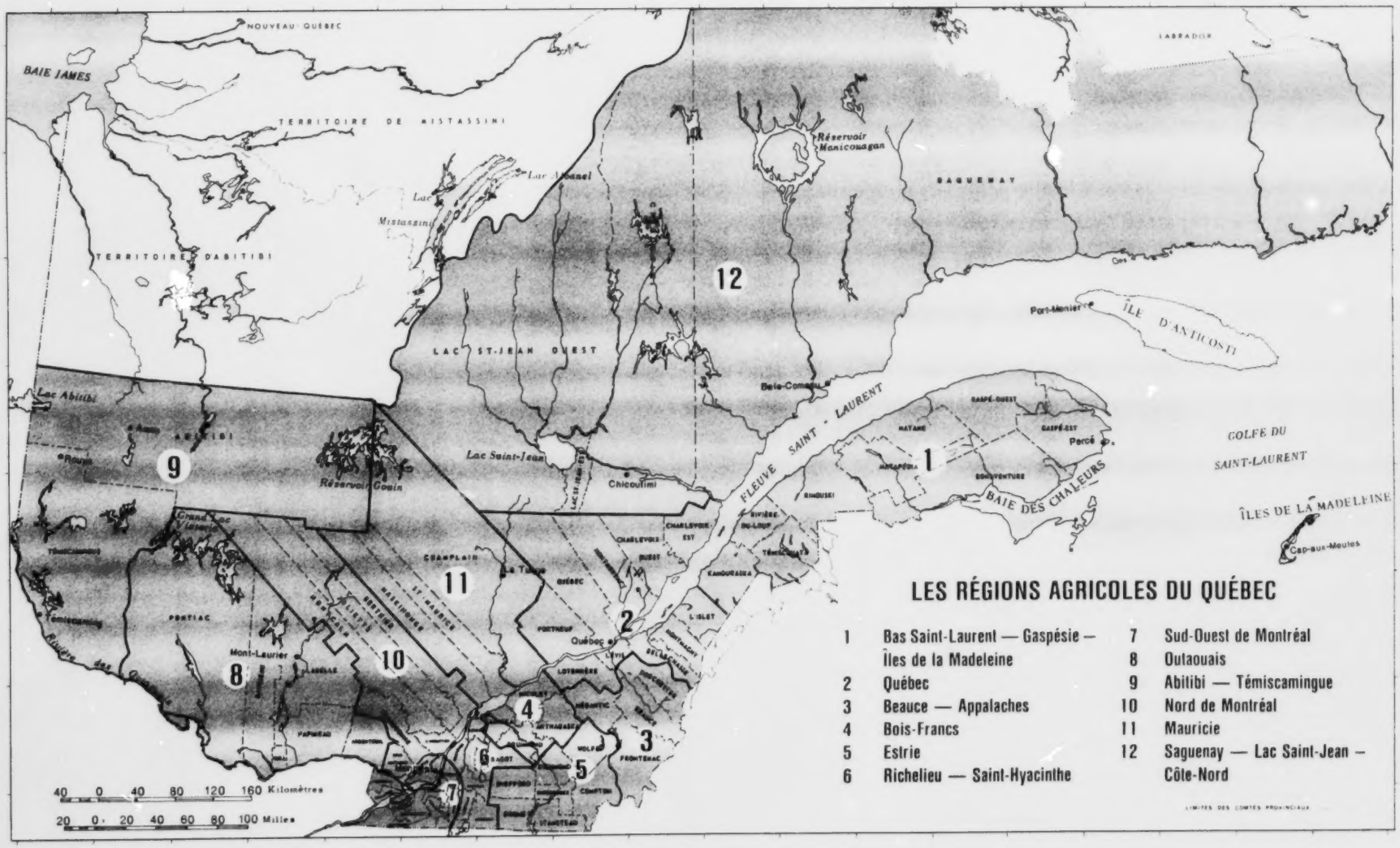


Figure 1: Répartition par région des terres améliorées selon l'utilisation agricole

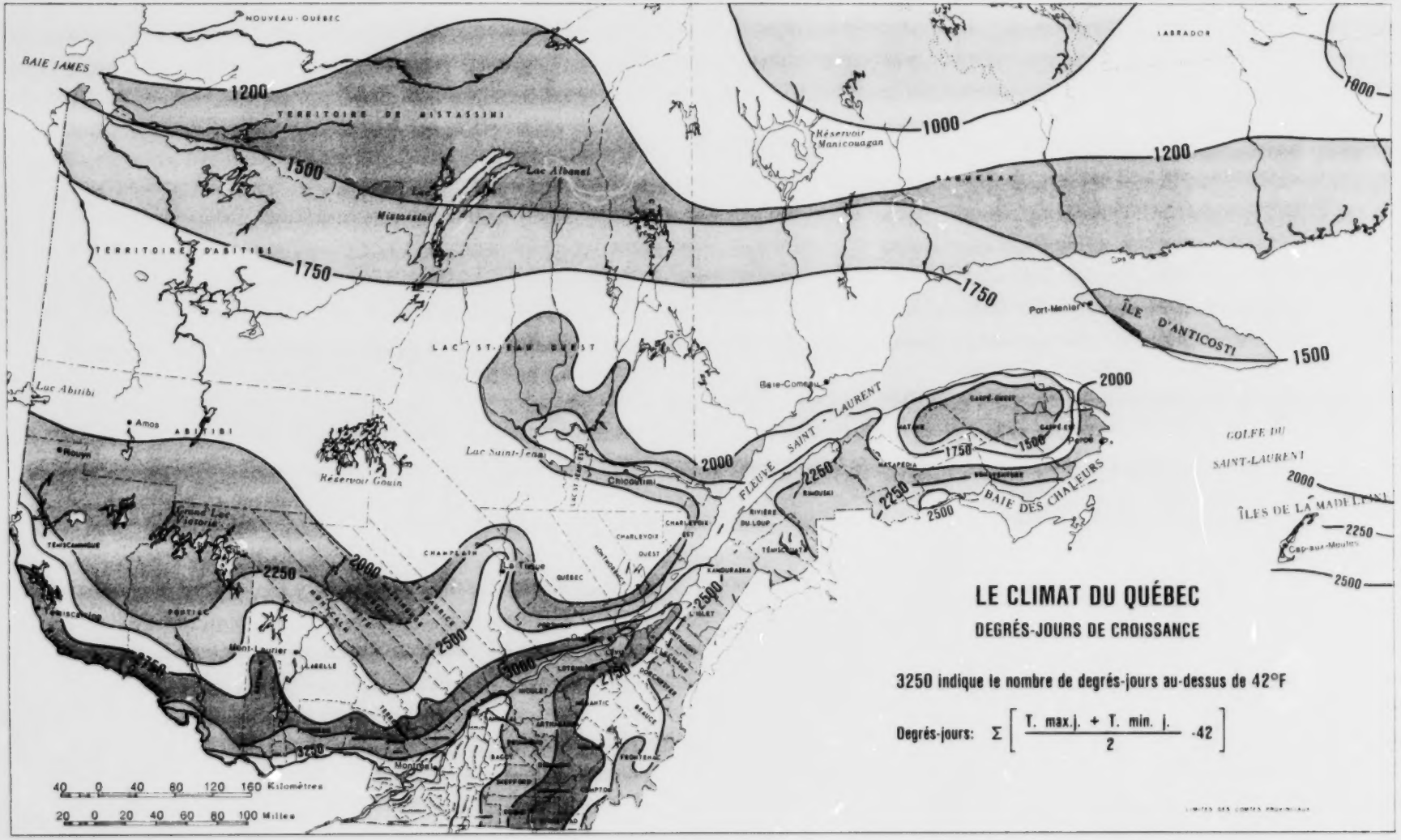


LES RÉGIONS AGRICOLES DU QUÉBEC

1	Bas Saint-Laurent — Gaspésie — Îles de la Madeleine	7	Sud-Ouest de Montréal
2	Québec	8	Outaouais
3	Beauce — Appalaches	9	Abitibi — Témiscamingue
4	Bois-Francs	10	Nord de Montréal
5	Estrie	11	Mauricie
6	Richelieu — Saint-Hyacinthe	12	Saguenay — Lac Saint-Jean — Côte-Nord

LIMITES DES COMTÉS PROVINCIAUX

SOURCE: Agriculture-Québec 1977



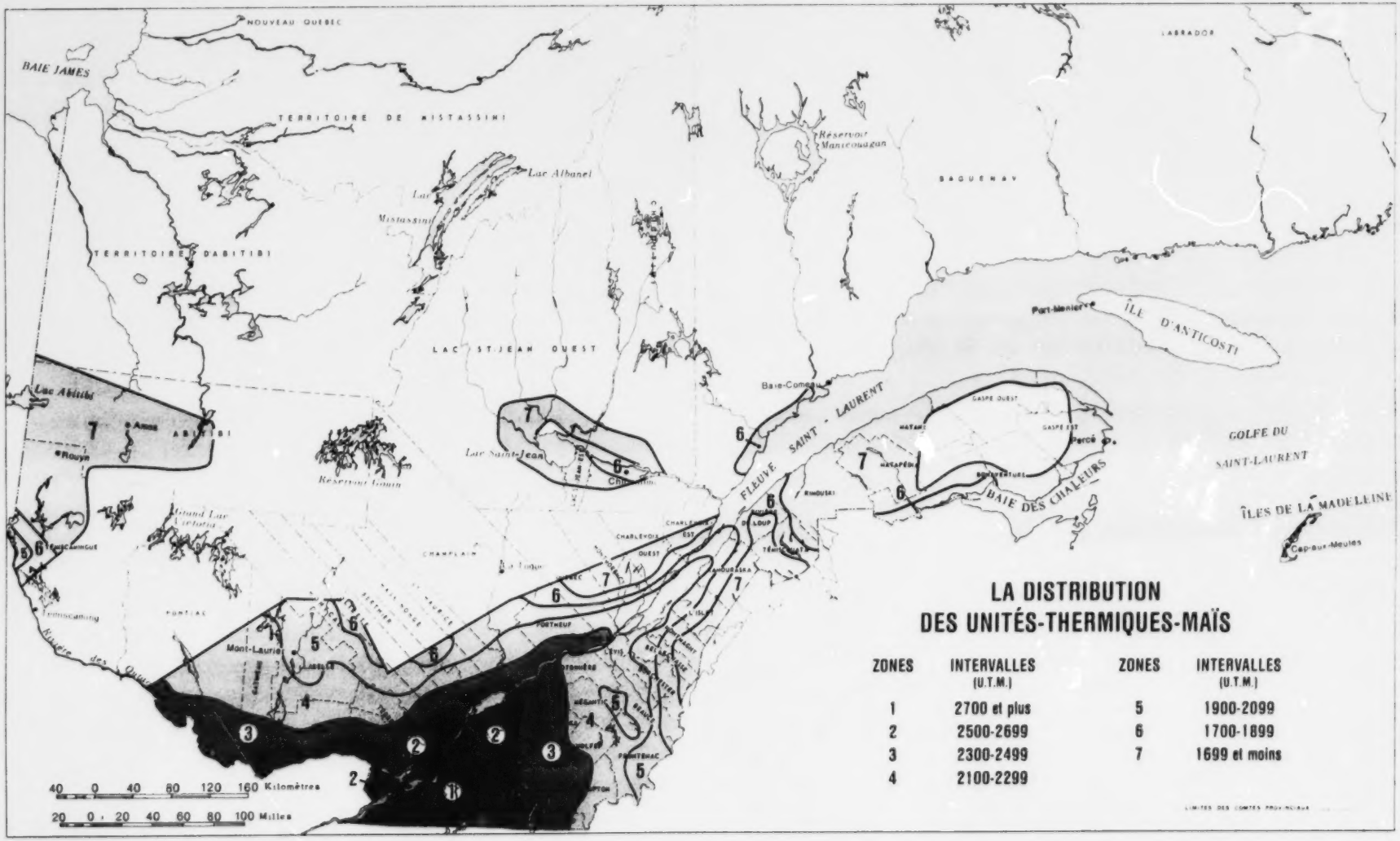
LE CLIMAT DU QUÉBEC

DEGRÉS-JOURS DE CROISSANCE

3250 indique le nombre de degrés-jours au-dessus de 42°F

Degrés-jours: $\Sigma \left[\frac{\text{T. max.j.} + \text{T. min. j.}}{2} - 42 \right]$

SOURCE: Tardif, L.
Recueil de cartes du Québec
Service des sols
Agriculture-Québec, 1977

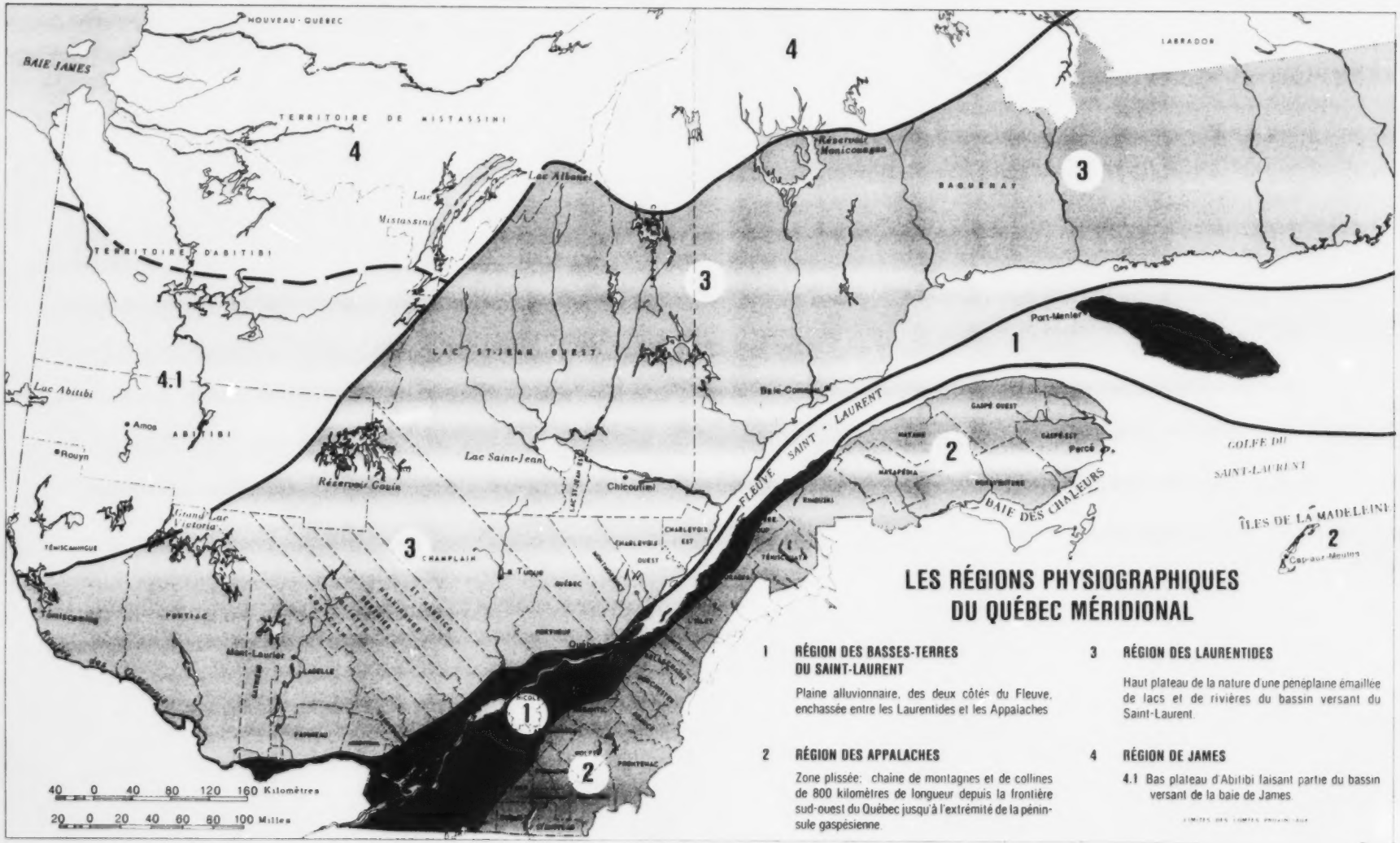


LA DISTRIBUTION DES UNITÉS-THERMIQUES-MAÏS

ZONES	INTERVALLES (U.T.M.)	ZONES	INTERVALLES (U.T.M.)
1	2700 et plus	5	1900-2099
2	2500-2699	6	1700-1899
3	2300-2499	7	1699 et moins
4	2100-2299		

LIMITES DES COMTÉS PROVINCIAUX

SOURCE: UNIVERSITÉ LAVAL
FSAA - P.A. Dubé et Y. Castonguay
ENVIRONNEMENT CANADA
J. Côté



LES RÉGIONS PHYSIOGRAPHIQUES DU QUÉBEC MÉRIDIONAL

1 RÉGION DES BASSES-TERRES DU SAINT-LAURENT

Plaine alluvionnaire, des deux côtés du Fleuve, enchassée entre les Laurentides et les Appalaches

2 RÉGION DES APPALACHES

Zone plissée: chaine de montagnes et de collines de 800 kilomètres de longueur depuis la frontière sud-ouest du Québec jusqu'à l'extrémité de la péninsule gaspésienne.

3 RÉGION DES LAURENTIDES

Haut plateau de la nature d'une peneplaine émaillée de lacs et de rivières du bassin versant du Saint-Laurent.

4 RÉGION DE JAMES

4.1 Bas plateau d'Abitibi faisant partie du bassin versant de la baie de James.

SOURCE: Tardif, L.
Recueil de cartes du Québec
Service des sols
Agriculture-Québec. 1977

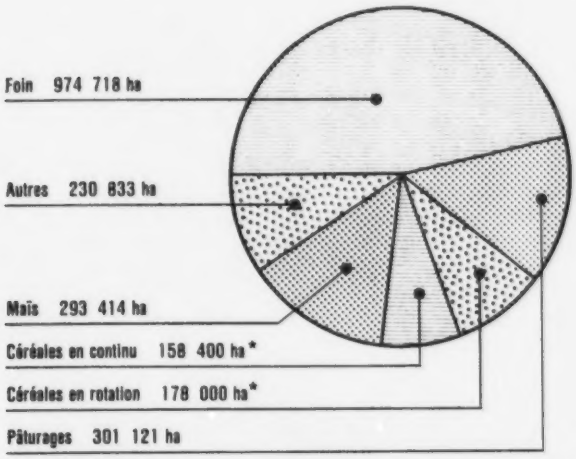


Figure 2.: Répartition selon l'utilisation agricole des terres améliorées du Québec (2 136 486 ha).

*La façon simple de départager les céréales en continu de celles en rotation, donc grainées, est d'allouer à ces dernières un hectare par 4 hectares de foin, en prenant en compte les céréales fourragères. En pratique, il en résulterait 158 400 hectares qui seraient en monoculture de céréales en continu.

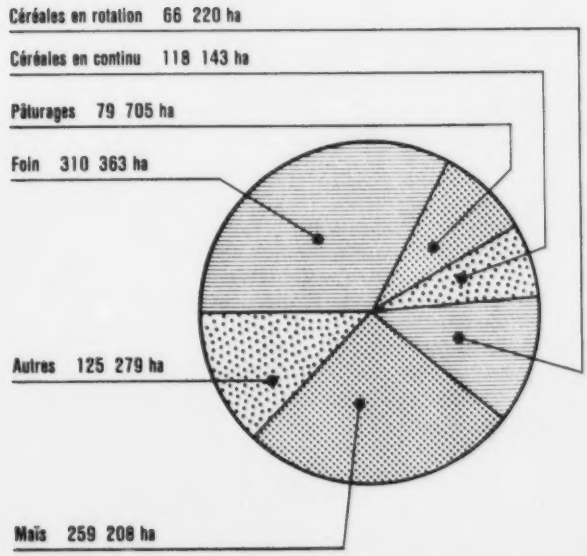


Figure 3.: Répartition selon l'utilisation des terres améliorées des régions agricoles 4, 6, 7, 10 et 11, sises dans la plaine des basses terres du Saint-Laurent (958 918 ha).

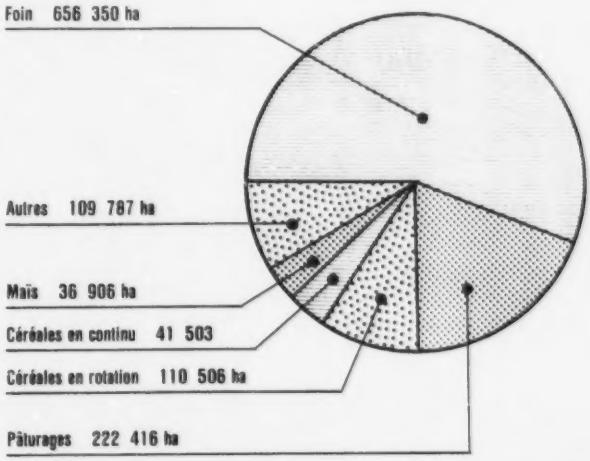


Figure 4: Répartition selon l'utilisation des terres améliorées des régions agricoles 1, 2, 3, 5, 8, 9 et 12, sises en tout ou en partie à l'extérieur des basses terres du Saint-Laurent (1 177 568 ha).

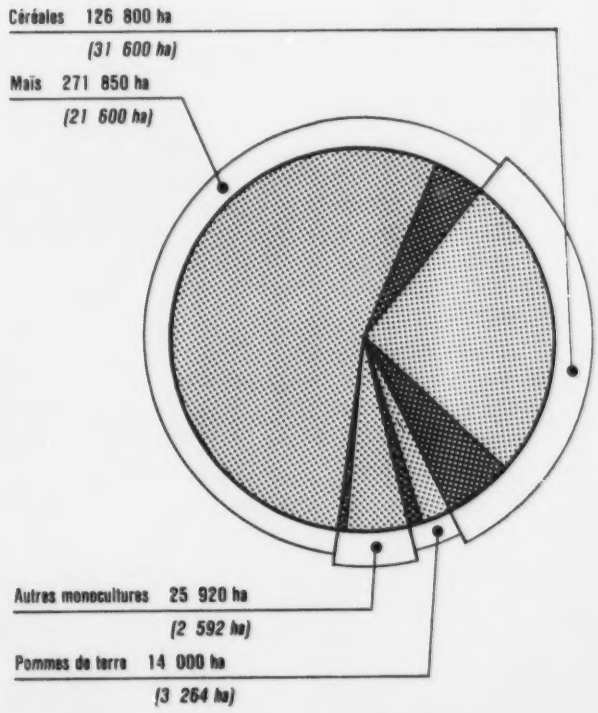


Figure 5: Répartition des monocultures entre les basses terres du Saint-Laurent et les autres régions physiographiques. (497 626 ha).

Basses terres du Saint-Laurent Autres régions *(hectares)*

MÉTHODE DE L'INVENTAIRE

INTRODUCTION

La transformation de l'agriculture québécoise au cours des dernières décennies suscite des questions quant à la conservation des sols. La concentration de l'élevage porcin et par conséquent, l'augmentation du volume de lisier produit, la spécialisation en monoculture de plantes annuelles par les méthodes traditionnelles de travail du sol, l'usage accru d'engrais chimiques et la présence de machinerie de plus en plus lourde sont autant d'éléments ou facteurs de risque de dégradation selon les conditions de sols et de cultures. La dégradation peut être de différentes natures compte tenu des facteurs en cause. Il peut en résulter le compactage, la détérioration de la structure, la diminution de la matière organique, l'acidification, l'érosion ou la pollution. Qu'importe la nature du phénomène, c'est, évidemment, par ses effets qu'on l'identifie, en évaluant les changements intervenus par des mesures qualitatives et des analyses standard

Compte tenu des objectifs de l'inventaire, une méthode simple et rigoureuse s'inspirant de la démarche des sciences et ne laissant aucune place à la subjectivité d'interprétation des données a été élaborée. Par quantification et comparaison des propriétés physico-chimiques, on diagnostique les phénomènes de dégradation des sols, on identifie les types de sols dégradés ou susceptibles de l'être pour ensuite déterminer l'envergure du phénomène par région agricole et pour l'ensemble du territoire agricole québécois. L'envergure du phénomène est proportionnelle à la superficie en monoculture des sols atteints.

ÉNONCÉ DES PRINCIPES FONDAMENTAUX DE LA MÉTHODE

La méthode découle des principes fondamentaux suivants:

- le sol est plus ou moins vulnérable selon ses propriétés physico-chimiques;
- le sol n'est pas automatiquement dégradé du simple fait qu'il soit en culture;
- certaines façons culturales sont plus susceptibles que d'autres de causer la dégradation du sol;
- toutes choses étant égales par ailleurs, les mêmes causes produisent les mêmes effets. Les sols identiques soumis au même stress se comportent donc de la même façon.

ÉLÉMENTS DE LA MÉTHODE

La méthode est conforme aux procédés rigoureux et aux démarches des sciences ce qui en fait une méthode scientifique et universelle. Elle est bidimensionnelle en ce sens que deux éléments sont d'abord pris en compte à savoir le sol et la culture.

Quant au sol, les études menées de façon systématique au Québec depuis plus de cinquante ans ont conduit à l'identification, selon leurs propriétés physico-chimiques, de pas moins de 400 séries de sols cartographiées à l'échelle semi-détaillée pour une superficie de 9 millions d'hectares incluant pratiquement tous les sols cultivés. Étant donné que les sols d'une série sont à toutes fins utiles identiques, peu importe leur localisation dans le territoire, elle est un paramètre retenu pour l'étude des modifications attribuables aux cultures. Les modifications, signe de dégradation s'observent pour un même type de sol par comparaison du sol dégradé à celui non dégradé Mais voilà! au moment de procéder pour la première fois à l'inventaire des problèmes de dégradation, à quelle mesure peut-on référer? Une question se pose: comment déterminer les propriétés avant dégradation du sol aujourd'hui dégradé ou encore comment savoir si le sol est vraiment dégradé alors qu'on n'a pas de données antérieures pour fins de comparaison des propriétés étudiées. Dans la majorité des cas, la dégradation n'est pas spontanée mais se manifeste seulement après plusieurs années de monoculture intensive. La clef de l'énigme consiste donc à comparer sur la base de la série qui est un regroupement de sols naturellement semblables, les propriétés du sol en monoculture depuis plusieurs années à celles de celui sous prairie dans une rotation longue. Les productions herbagères sont peu susceptibles de dégrader les sols, de sorte que ceux sous prairie deviennent les témoins pour fins de comparaison de ceux sous monoculture annuelle, afin de déterminer les modifications symptomatiques de dégradation attribuables aux façons culturales propres à chaque culture et ce, pour chacun des facteurs étudiés: pourcentage de matière organique, percolation de l'eau, densité, porosité, grosseur et stabilité des agrégats, pH, transport des particules et contamination minérale.

Les données manquantes de prime abord deviennent ainsi disponibles sans qu'on ait à procéder à des expériences de longue durée pour connaître l'évolution des propriétés du sol. Autrement dit, pour fins de comparaison, on assume que le sol sous prairie est non-dégradé. C'est ce qu'on appelle la parcelle témoin en recherche expérimentale.

MODALITÉ ET NATURE DES OPÉRATIONS

Les opérations sont par étapes: d'abord le choix des champs sur la base des sols et des cultures;

ensuite les mesures et l'échantillonnage sur le terrain suivi des analyses en laboratoire.

Deux champs par culture sont retenus et ce, chez des producteurs différents. Les sols sont étudiés à raison de sept sites par champ jusqu'à 40 cm de profondeur pour les sols à texture grossière et ceux issus de tills glaciaires et, 60 cm de profondeur pour les autres. Les observations sont faites sur deux ou trois couches selon qu'il s'agit des sols des groupes 2 et 3 ou du groupe 1, définis plus loin. Les couches sont identifiées comme suit: la couche travaillée par les instruments pouvant atteindre 30 cm dans certains cas; la couche immédiatement inférieure jusqu'à 40 cm et la troisième couche jusqu'à 60 cm où, à cette profondeur, les sols de la série sont identiques à moins d'être modifiées par les cultures.

À tous les sites, on mesure la conductivité hydraulique au moyen de l'infiltromètre à charge constante (5) et on prélève différents échantillons: un échantillon en vrac par couche et un échantillon non-dérangé de la couche supérieure peu importe les sols et, en outre, un échantillon en cylindre dans le cas des sols de texture fine.

L'échantillon en cylindre sert à déterminer l'humidité au champ, la densité et la porosité du sol. Lors de l'évaluation de la porosité, la densité spécifique (Ds) tient compte du niveau de matière organique (M.O.) du sol [Ds = 2,659 - (0,042 x % M. O.)] (6).

La stabilité des agrégats est déterminée, sur les échantillons non-dérangés, par tamisage à l'eau sur une baratte de type Yoder avec des tamis de 8, 5, 2 et 1 mm d'ouverture. Les agrégats entre 5 et 8 mm sont préparés à la main sur des mottes à l'humidité au champ (2). Le diamètre moyen des particules (DMP) est déterminé par la méthode de Youker et coll. (16).

Les échantillons en vrac, après préparation servent à déterminer en laboratoire: 1) la granulométrie par la méthode de l'hydromètre (3) avec prétraitements pour détruire les carbonates et la matière organique (si % M.O. $>$ 5%) et tamisage des sables sous jet d'eau; 2) le pH à l'eau; 3) le carbone organique par oxydation au bichromate de potassium et à l'acide sulfurique; 4) les éléments échangeables et disponibles (majeurs, mineurs et métaux lourds) extraits par la méthode de Mehlich et dosés au spectrophotomètre d'émission au plasma et 5) l'azote par digestion au DB-20 dosé avec autoanalyseur Technicon (1).

Les phénomènes de détérioration de la structure, de compactage, d'acidification, de diminution de la matière organique ou de pollution sont mis en évidence par interprétation et traitements statistiques des données ainsi recueillies, cependant que l'érosion est estimée des superficies en monoculture dans les zones à risques, c'est-à-dire là où la nature des sols et la topographie rendent le milieu vulnérable.

Le traitement statistique selon la manière rigoureuse mentionnée ci-après permet d'établir les différences significatives symptomatiques de dégradation des sols sous monoculture.

TRAITEMENTS STATISTIQUES

Pour déterminer l'influence réelle des cultures sur les propriétés du sol, il faut s'assurer au préalable que les sols forment des populations semblables au plan de la texture, en particulier au niveau de leur teneur en argile qui, lorsqu'elle est importante, a une grande influence sur bon nombre de propriétés du sol. Cette donnée, stable et indépendante des cultures, disponible à chaque site a donc été utilisée pour tester par analyse de variance, la similitude des populations de chaque série de sols étudiés dont la teneur en argile est égale ou supérieure à 15%. Les tests ont démontré que la majorité des populations comparées étaient semblables alors que certaines parcelles ont dû être écartées. Par la suite, les autres propriétés physiques et chimiques mesurées sur une même série de sol sous différentes cultures furent soumises de façon systématique à une analyse de variance univariée (ANOVA) en vue de déterminer celles significativement modifiées par la monoculture.

La maille d'échantillonnage adoptée, de 80 mètres et plus entre les sites sur le terrain, s'avère largement suffisante pour que les données soient considérées comme des répétitions, c'est-à-dire des données spatialement indépendantes les unes des autres (4, 14).

Un écart-type égal ou supérieur à 2σ pour une probabilité égale ou inférieure à 5 pour cent a été retenu comme base du rejet des données à valeur extrême afin d'éviter que leur présence dans un groupe restreint ait un poids anormalement élevé sur les conclusions (9, 12). L'étude de la variabilité ou de la normalité des différentes propriétés considérées indique que, de façon générale, les propriétés physiques ont une distribution normale, exception faite de la conductivité hydraulique (distribution log-normale). L'analyse de variance a donc été effectuée dans ce cas sur la donnée logarithmique. Cette transformation normalisatrice (8, 9, 12) s'est également avérée nécessaire pour la plupart des propriétés chimiques étudiées, sauf le pourcentage de matière organique, le rapport C/N et le pH ($1/\log H^+$). Le test d'adéquation de Shapiro-Wilks a servi à évaluer la normalité avant comme après transformation des données (11).

Les résultats significatifs indiqués dans cette étude ont été soumis soit au test de Tukey (HSD) dans le cas de populations inégales, soit au test de Waller-Duncan pour des populations égales (7, 12, 15).

La méthode permet donc de diagnostiquer conformément aux objectifs de l'inventaire, les phénomènes de dégradation des sols et d'identifier ceux qui sont dégradés ou vulnérables.

Le sol dégradé est identifié directement des résultats d'analyses. Par exemple, l'augmentation de la densité apparente est signe de compactage; la diminution du pH, d'acidification; l'excès d'éléments minéraux ou la présence accrue de certains d'entre eux, de surfertilisation ou de pollution, etc. Quant à l'érosion, elle est estimée en tenant compte d'abord de la topographie dans le cas de l'érosion par l'eau, et de la texture du sol dans le cas de l'érosion par le vent. Par ailleurs, la série où la dégradation a été diagnostiquée est dite vulnérable sur toute son étendue.

L'envergure des phénomènes est estimée par la distribution, au prorata des séries, de la superficie de chaque culture déclarée au recensement: la superficie ainsi allouée à la série est considérée affectée si le sol est dégradé par la culture. Il est facile dès lors d'établir l'envergure des phénomènes par région et pour l'ensemble du territoire agricole québécois.

RÉFÉRENCES

1) AGDEX 533, 1989. Méthodes d'analyse des sols, des fumiers et des tissus végétaux. Conseil des Productions Végétales. Agriculture Québec.

2) Black, C. A., 1965. Methods of Soil Analysis. Agronomy 9, Part 2. Amer. Soc. of Agron. Madison, Wisconsin.

3) Bouyoucos, G. J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54:464-465.

4) Cipra, J. E. and All, 1972. Variation with distance in selected fertility measurements of pedons of Western Kansas Ustoll. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 36 (111-118).

5) Côté, D., 1977. Description et performance d'un prototype d'infiltromètre à charge constante. Génie Rural, Univ. Laval, Québec. vol. 9, no 3.

6) De Kimpe, C. R., Bernier-Cardou, M. and Jolicoeur, P., 1982. Compaction and settling of Québec soils in relation to their soil-water properties. Can. J. Soil Sci. 62:165-175.

7) Freund, J. R. and R. C. Littell, 1981. SAS for Linear Models. A Guide to the ANOVA and G. L. M. Procedures, 230 pp.

8) Legendre, L. et P. Legendre, 1979. Écologie Numérique Tome I. Le traitement multiple des données écologiques, Masson, Paris, New York. Barcelone Milan: p. 1-178.

9) Lison, L. 1968. Statistique appliquée à la biologie expérimentale. earch. J. Soil Water Con. 30:283-286.

10) Ritchie, J. C., McHenry, J. R., 1975. Fallout Cs-137: a tool in conservation research. J. Soil Water Con. 30:283-286.

11) Schlotzhauer, S. D. et C. R. Littell, 1987. SAS System for Elementary Statistical Analysis. SAS Institute Inc. Cary USA ISBNI-55544-076-2, 405 pp.

12) Snedecor, G. W. et W. G. Cochran, 1971. Méthodes statistiques. Association de coordination. Fond National de développement agricole, 149 rue de Berry - 75 Paris, 12e, 650 pp.

13) Tardif, L. et M. Tabi. Méthode de l'inventaire des problèmes de dégradation du sol agricole du Québec. AGROSOL. Service de recherche en sols, MAPAQ, Octobre 1989, volume 2, numéro 1.

14) Vauclin, M. 1982. Méthodes d'étude de la variabilité spatiale des propriétés d'un sol. INRA Publ. 1983 (Les Colloques de l'INRA, no 15) pp. 8-45.

15) Waller, R. A. et D. B. Duncan, 1969. A Bayes Rule for the Symmetric Multiple comparaison Problem. Journal of the American Statistical Association 64, 1484-1499 p.

16) Youker, R. E. and McGuiness, J. L., 1956. Ashort method of obtaining mean weight-diameter values of aggregates of soils. Soil Sci., 83:291-294.

NATURE DES PHÉNOMÈNES, FACTEURS EN CAUSE ET NORMES D'ÉVALUATION

COMPACTAGE

Le compactage s'entend du réarrangement des particules du sol sous l'effet d'une pression externe se traduisant par l'augmentation de la densité apparente généralement accompagnée de la diminution de la macroporosité ou porosité drainable et de la conductivité hydraulique (16, 26).

Il s'agit du tassement artificiel indépendant du tassement naturel sans pression extérieure qui se produit au cours de la saison suivant le travail du sol par la réorganisation des particules élémentaires et des agrégats sous leur propre poids soumis simplement aux précipitations atmosphériques. Dans les deux cas, les petites particules se logent dans les vides laissés entre les grosses. Ces deux phénomènes sont indissociables au champ mais le tassement naturel n'atteint pas le degré de compacité du tassement artificiel connu comme étant du compactage.

Le degré de compactage dépend donc de la pression exercée, de la composition du sol et de son état physique au moment où elle s'applique (18).

La pression exercée peut être sous forme de charges, de machineries lourdes et de passages fréquents ou par le socle de la charrue créant une semelle de labour au contact de la couche cultivée et de celle sous-jacente.

La monoculture annuelle selon les méthodes traditionnelles jumelant pression et travail fréquent du sol en l'absence d'un treillis racinaire, est susceptible de causer le compactage et conduit souvent au bris de la structure du sol de la couche cultivée sous le choc et la pression des instruments qui augmente d'autant les risques de compactage de surface. Le compactage peut donc se manifester dans la couche cultivée aussi bien que dans le sous sol. Mais les sols n'ont pas tous la même tendance à se comprimer. Ceux de texture fine (limons, argiles, loams argileux ...) et pauvres en matière organique, surtout s'ils sont travaillés dans de mauvaises conditions d'humidité, sont plus vulnérables (13, 15).

Il en résulte alors une baisse de rendement attribuable à la diminution du nombre de racines profondes et bien développées et au retard à l'émergence. En outre, le compactage rend le sol difficile à travailler, demande un surplus d'énergie et diminue la conductivité hydraulique favorisant l'érosion hydrique lorsque les autres conditions s'y prêtent.

À défaut de mesures directes du compactage, on procède par des mesures indirectes indiquant soit la modification de certaines propriétés physiques telles la densité apparente, la macroporosité ou porosité drainable et la conductivité hydraulique (1). Toutefois, on ne conclut à l'existence du compactage que si la densité apparente est augmentée de façon significative.

DÉTÉRIORATION DE LA STRUCTURE

La structure est donnée par l'agrégation des particules élémentaires du sol en un assemblage de dimension plus grande et de formes différentes. Une bonne structure constituée de gros agrégats stables joue un rôle très important sur la qualité et la conservation des sols (26).

Sa dégradation qui consiste dans le bris des agrégats résulte principalement des effets mécaniques de cisaillement et de compression, imposés directement par les instruments aratoires, et de l'appauvrissement du sol en matière organique. Ce phénomène favorise le compactage dont il est le précurseur. Il augmente les risques d'érosion et les pertes de nutriments et de pesticides pouvant conduire à la pollution, et occasionne des diminutions de rendement par réduction de la circulation de l'air et de l'eau, de la disponibilité des éléments nutritifs et de la vie des microorganismes (12, 26).

L'abondance des agrégats supérieurs à 5 mm après barattage dans l'eau et le diamètre moyen des particules (DMP) sont les critères retenus pour déterminer la qualité de la structure du sol et sa stabilité. Par exemple, plus le pourcentage des agrégats supérieurs à 5 mm est élevé après barattage, plus la structure est stable. A l'inverse, le diamètre moyen des particules est réduit, ce qui favorise d'autres phénomènes de dégradation.

ACIDIFICATION

L'acidification consiste en une baisse du pH. C'est l'augmentation en ions H^+ de la solution du sol (6) ou la tendance du complexe argilo-humique à se charger, à fixer des quantités importantes d'ions H^+ au détriment de cations minéraux (19). L'acidité se mesure par le pH qui varie habituellement de 4,5 à 8 de façon inversement proportionnelle à la concentration en ions H^+, c'est-à-dire que plus la concentration est élevée, plus le pH est bas. Suivant qu'il est inférieur, égal ou supérieur à 7, le sol est acide, neutre ou basique (calcaire). Aucune plante ne tolère un pH inférieur à 3 ou supérieur à 9 et la majorité des plantes cultivées au Québec exigent un pH entre 5,5 et 6,5 selon les espèces (26, 29).

Sous les climats frais et humides, les sols ont tous tendance à s'acidifier. L'acidification est donc un phénomène naturel mais qui peut être accentué par les pratiques culturales notamment l'apport de fumure azotée (3, 31).

La nature de la roche-mère et les conditions climatiques qui influent les phénomènes de la podzolisation, et le lessivage des éléments par les eaux de percolation sont des causes naturelles d'acidification. Cependant que les pluies acides sont attribuables aux activités urbaines et industrielles, l'apport d'engrais chimiques contenant de l'azote ammoniacale et du soufre, le prélèvement d'éléments basiques par les récoltes, la décomposition de la matière organique, l'action favorisée des microorganismes et le lessivage de certains éléments ajoutés sont davantage liés à l'activité agricole (31).

Les effets de l'acidification sont néfastes tant pour les plantes que pour les sols; on observe des diminutions de rendements, des variations dans la composition chimique des plantes, une décomposition plus lente de la matière organique, une diminution de l'activité biologique et enzymatique, une perte d'efficacité de certains herbicides et, dans des cas extrêmes, un effondrement de la structure (12, 4, 19).

Une baisse du pH sur deux couches successives de sol dont l'une significativement différente par rapport au sol témoin est un indice d'acidification.

Niveau d'acidité

Le niveau d'acidité du sol est déterminé selon le pH qui figure au tableau des propriétés chimiques. À la discussion accompagnant les résultats, le niveau est exprimé en classes de réaction pour respecter le mode d'expression couramment utilisé dans le langage populaire. Ainsi, on dit que le sol est extrêmement acide et non qu'il est à pH 4,5 et ainsi de suite selon la valeur du pH figurant au tableau des propriétés chimiques de chaque série de sols.

Tableau 3. Classes de réaction selon le pH du sol.

Classes de réaction	Valeurs du pH
Extrêmement acide	$\leq$ 4,5
Très fortement acide	De 4,6 à 5,0
Fortement acide	De 5,1 à 5,5
Moyennement acide	De 5,6 à 6,0
Faiblement acide	De 6,1 à 6,5
Neutre	De 6,6 à 7,3
Faiblement alcalin	De 7,4 à 7,8
Modérément alcalin	De 7,9 à 8,4
Fortement alcalin	$\geq$ 8,5

Comité d'experts sur la prospection pédologique. 1982. Système informatique des sols au Canada (SISCAN). Manuel de description des sols sur le terrain. IRT. Contribution no 82-52. Agriculture Canada

LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL

La matière organique du sol est constituée de résidus de récoltes, de débris végétaux et de déchets d'animaux incorporés à la surface des sols cultivés et rapidement transformés en humus par les microorganismes avec libération de molécules plus simples, de substances minérales et dégagement important de CO_2. Il en résulte une diminution du poids, une concentration de l'azote et la formation d'humus variant entre 8 et 15 pour cent du poids sec des résidus initiaux des récoltes. Cet humus réside dans le sol et forme 90 pour cent des matières organiques dans la couche cultivée des sols minéraux (2). C'est précisément cette fraction organique qui est évaluée, inventoriée dans la présente étude.

À l'état d'humus, la matière organique est principalement constituée de substances humiques stabilisées par les cations et les colloïdes minéraux qui les protègent et les soustraient à une dégradation rapide par les microorganismes et améliore le sol.

Son action et son rôle sont d'une importance capitale en conservation et utilisation des sols. En effet, l'humus colmate et cimente les particules minérales. Il réagit et forme avec les colloïdes minéraux par l'intermédiaire des cations (Ca^{++}, Fe^{+++}, Al^{+++} ...) des complexes argilo-humiques responsables de la stabilité des agrégats et de la qualité de la structure du sol. Très hydrophile, il contribue à la réserve en eau utile. Régularisant l'humidité du sol, il en assure le bon fonctionnement et la conservation en limitant sensiblement sa fragilité à l'érosion par l'eau ou le vent. Son pouvoir élevé de fixer les ions, plus de 5 fois supérieur à celui de l'argile, expliquerait 40 pour cent de la capacité d'échange de l'horizon cultivé de l'ensemble des sols (23). Quant aux sols sablonneux, les radicaux organiques constituent les seuls sites d'échanges et l'humus devient alors particulièrement vital pour la conservation de la fertilté et la protection du milieu.

L'évolution de l'humus est lente et sa vitesse de minéralisation ou taux de dégradation varie avec les types de sol. Le coeficient de minéralisation annuel est estimé à 2,5 pour cent dans les sols sablonneux entre 1,5 pour cent et 1,2 pour cent dans les sols limoneux ou argilo-sableux et à 1,0 pour cent dans les sols argileux (30).

Par contre, le coefficient de minéralisation peut être sensiblement accru sous monoculture en raison d'une plus grande oxydation de la matière organique attribuable au travail fréquent du sol.

La pratique en continu des monocultures laissant peu de résidus et accélérant l'oxydation risque donc, par retour insuffisant d'humus malgré les résidus de récoltes ou par augmentation du taux de minéralisation, de conduire à des niveaux très bas d'humus au point de porter atteinte aux qualités physiques, chimi-

ques et biologiques du sol. L'état relatif de ces propriétés versus le niveau d'humus (Tableau 4) permettra de connaître le seuil critique au-dessus duquel il doit être maintenu dans les différents sols pour assurer leur bon fonctionnement (11).

La manière habituelle d'exprimer en pourcentage la matière organique sert à qualifier de pauvre, moyen ou riche le niveau d'humus dans la couche cultivée du sol. C'est là une mesure de concentration plus qu'une mesure de quantité absolue qui est fonction de la concentration par volume. Si bien que le contenu en matière organique n'est pas automatiquement différente du seul fait que le pourcentage est différent. Ainsi, à densité égale, un horizon cultivé de 15 cm ayant 6 pour cent de matière organique a la même teneur qu'un de 30 cm avec 3 pour cent. Il ne faut pas confondre dilution avec diminution.

L'inventaire portant sur le phénomène de diminution tient donc compte du pourcentage de matière organique du sol, de l'épaisseur de la couche cultivée et de la densité lorsque disponible, pour déterminer s'il y a diminution de matière organique selon les cultures sur chacune des séries de sols.

Niveau de matière organique

La matière organique est un élément dont il faut tenir compte puisqu'une baisse sensible de sa teneur dans les sols minéraux diminue la stabilité des agrégats et augmente la susceptibilité du sol au compactage et à l'érosion. En plus d'améliorer la capacité de rétention d'eau, elle est l'une des principales sources d'azote et d'éléments mineurs utiles à la plante.

Pour les fins de la discussion et des recommandations, nous présentons ici les classes ou niveaux de matière organique pour différentes textures de sol. La texture lourde correspond aux sols qui ont une teneur en argile égale ou supérieure à celle du loam argileux.

Tableau 4: Niveaux de matière organique du sol selon la texture.

Niveau	Texture légère	Texture lourde
Très pauvre	0 - 2,0%	0 - 2,0%
Pauvre	2,1 - 3,5%	2,1 - 4,5%
Moyen	3,6 - 6,5%	4,6 - 10,0%
Riche	6,6 - 8,0%	10,1 - 13%
Très riche	8% et plus	13% et plus

Guide de fertilisation. Association des fabricants d'engrais du Québec. Montréal, 1987, 2ième édition.
Le niveau est obtenu en multipliant le pourcentage de carbone organique par 1,724.

ÉROSION HYDRIQUE

L'érosion hydrique ou destruction du sol causée par l'eau est un processus naturel comportant le détachement et l'entraînement des particules constitutives du sol. Elle se manifeste sous diverses formes à la suite de fortes pluies et à la fonte des neiges. Le martèlement des gouttes de pluie et l'écoulement de l'eau à la surface (ruissellement) provoquent l'érosion en nappe, en rigolets et en ravins (7, 9, 27, 29).

Les propriétés du sol sont affectées de diverses façons par l'érosion et ses effets principaux sont la perte de sol et de matière organique, la détérioration de la structure, une percolation moins efficace, un ruissellement plus abondant, une réduction de la capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs, une perte de matières nutritives, un drainage interne plus lent. Elle cause des dommages aux semis et une diminution des rendements. Elle contribue à la détérioration de la qualité de l'environnement pouvant restreindre l'étendue des terres cultivables, obstruer les fossés, polluer les plants d'eau et diminuer l'alimentation en eau des nappes souterraines (9, 33).

Le contrôle ou les dispositions par lesquelles on empêche, retarde ou limite l'action de l'eau sert dans la lutte contre l'érosion. Diverses techniques de protection et d'amélioration ont prouvé leur efficacité. Les principales sont les pratiques culturales de conservation, les rotations, les cultures de couverture, les cultures en bandes alternées, la culture en travers de la pente, la voie d'eau engazonnée, le bassin de captage, la bande riveraine et les terrasses (14). Le moyen de contrôle le plus simple et le plus économique est encore de prévenir l'apparition des problèmes liés à l'érosion.

L'érosion hydrique dépend de la présence simultanée de trois éléments qui sont la pente, les conditions de sol favorables et le ruissellement. À défaut de l'un d'eux, il n'y a pas d'érosion par l'eau. La topographie du terrain, degré et longueur de pente, conjuguée aux conditions climatiques, notamment l'intensité des pluies ou la vitesse de fonte de la neige, est un facteur déterminant en autant que les conditions du sol s'y prêtent. Un sol saturé, croûté en surface, gelé en profondeur ayant une conductivité hydraulique faible ou présentant quelqu'autres propriétés physico-chimiques défavorables, en l'absence d'une couverture végétale ou de résidus de récoltes en surface, présente des conditions favorables à l'érosion. Parmi les phénomènes inventoriés, l'érosion hydrique est le plus connu pour avoir été le plus étudié sous diverses conditions de sols et de cultures tant au Québec qu'ailleurs.

Kachanoski, R. G. et E. Dejong expérimentèrent la méthode au césium-137 utilisé comme élément tra-

ceur, comme marqueur, pour identifier l'érosion et estimer la perte de sol d'une parcelle ou d'un champ donné (20).

Les expériences parcellaires menées selon la technique de captage des eaux de ruissellement dans des bassins collecteurs au Québec confirment celles faites ailleurs qui ont conduit Wischmeier, W. H. et ses collaborateurs, à l'élaboration de l'équation universelle de la perte de sol (Universal Soil Lost Equation) (32). Par un jeu de calculs et de simulations mathématiques, les résultats estimés correspondent grossièrement à ceux obtenus par la mesure directe au moyen des bassins collecteurs.

Malgré la valeur de ces techniques et méthodes d'évaluation du taux d'érosion à l'échelle de la parcelle, on doit admettre avec Frenette (17) qu'elles ne sont pas adaptées à l'échelle des grands bassins et moins encore à tout le territoire agricole québécois, dans la cadre de l'inventaire des divers problèmes de dégradation des sols. C'est pourquoi, tenant compte des résultats de recherche sur l'érosion, en particulier ceux d'expériences parcellaires menées au Québec,, en Estrie, dans Charlevoix et au Lac Saint-Jean (Tableau 5), il a été décidé de considérer comme soumises à l'érosion hydrique active, les superficies en monoculture de plantes annuelles sur sols en pentes et peu perméables.

Tableau 5. Pertes de sol annuelles moyennes à trois stations d'essais situées respectivement au Lac Saint-Jean, dans le comté de Charlevoix et dans les Cantons de l'Est.

Traitement	Terre érodée (kg/ha)
Loam Taillon, Saint-Coeur-de-Marie sur pente 18% (6 ans)	
Prairie permanente	3
Foin (perpendiculairement à la pente)	11
Foin (sens de la pente)	9
Céréales (perpendiculairement à la pente)	150
Céréales (sens de la pente)	500
Sol nu	34 000
Loam sablo-graveleux Charlevoix, Cap-aux-Corbeaux sur pente 15% (10 ans)	
Prairie	60
Foin	560
Céréales	3 800
Pomme de terre (perpendiculairement à la pente)	3 300
Pomme de terre (sens de la pente)	6 000
Sol nu	28 000
Loam argileux Coaticook, Lennoxville sur pente 10% (4 ans)	
Prairie permanente	190
Maïs sur chaume (culture minimum, sens de la pente	1 000
Maïs continu (sens de la pente)	12 700
Sol nu	31 100

Source: AGDEX 572. Sols. L'érosion par l'eau. CPVQ. MAPAQ 1981

En somme, le sol sous couverture herbacée: foin, prairie ou pâturage est, même en pente forte, très peu exposé à l'érosion tandis qu'il est excessivement vulnérable lorsqu'il est nu. L'érosion est fonction du taux d'infiltration, de la pente et de la culture. Ce sont ces facteurs qui ont été retenus pour déterminer l'envergure de l'érosion. D'abord les sols filtrants sablonneux et graveleux très perméables ont été écartés et ensuite, en fonction de la pente, les sols en position topographique plane ou presque plane ont été systématiquement écartés ainsi que ceux dont la topographie va de plane à pentes très douces, i.e. inférieure à 5 pour cent, conformément aux recommandations du CPVQ (Tableau 6) pour ne retenir que les séries dont la topographie excède des pentes très douces comme sols à risque. Les superficies en monoculture des zones à risque sont considérées érodées par l'eau tandis que le reste est vulnérable.

L'envergure de l'érosion hydrique a donc été estimée en tenant compte des superficies en monoculture de plantes annuelles en continu sur des sols en pente et à faible perméabilité favorisant le ruissellement des eaux.

Il va sans dire que sur les sols en pente de plus de 15 pour cent, les cultures sarclées sont interdites et les céréales, non recommandables.

Tableaux 6: Résumé des recommandations pour prévenir l'érosion des sols en fonction de la pente

Pente	Type de culture	Méthodes culturales
Moins de 5%	Toutes	Culture dans le sens de la pente permise, peu de danger d'érosion
5% à 10%	Céréales, cultures sarclées	Culture en travers de la pente ou par bandes alternées
	Foin	Pas de précautions spéciales
10% à 15%	Cultures sarclées	Pas recommandable
	Céréales, foin	Culture en bandes alternées en travers de la pente.
Plus de 15%	Prairie permanente, Reboisement	Attention au surpâturage Cas extrêmes

Source: AGDEX 572. Sols. L'érosion par l'eau. CPVQ, MAPAQ, 1981.

ÉROSION ÉOLIENNE

L'érosion éolienne ou destruction du sol causée par le vent est un processus naturel par lequel le vent détache et entraîne des particules de sol qui, en rebondissant à la surface du sol, en délogent d'autres, en roulent d'autres plus grosses et libèrent les plus fines qui sont entraînées en suspension dans l'air sur de grandes distances (1, 9, 26).

Les causes de l'érosion éolienne sont: les conditions climatiques défavorables (vents forts et fréquents, faible pluviosité), l'exposition aux vents dominants, la nature des sols (sols organiques et sols sableux), les pratiques culturales associées aux

monocultures de plantes annuelles et surtout l'absence de couverture végétale et de résidus de culture à la surface du sol (1, 2).

Les méfaits ou les effets de l'érosion éolienne sont la perte des particules de sol les plus fines ainsi que des éléments nutritifs et des pesticides qui leurs sont associés, l'abaissement dans les sables de la capacité de rétention en eau utile, les dommages causés aux cultures et aux semis, la propagation de maladies, d'insectes et de graines de mauvaises herbes, la baisse de rendement de la culture, l'obstruction des fossés, la pollution de l'air et des eaux et les dommages causés aux propriétés voisines (2).

Pour minimiser les effets néfastes de l'érosion éolienne, il faut diminuer la vitesse, donc la force du vent à la surface du sol pendant les périodes ou le sol n'est pas protégé, ou encore rendre le sol plus résistant. De nombreuses techniques existent comme les brise-vent, l'orientation des champs perpendiculairement aux vents dominants, l'irrigation, les cultures-abri, les rotations, le maintien de la couverture végétale ou des résidus de cultures en surface et les pratiques culturales de conservation qui visent à produire une surface irrégulière, aussi motteuse que possible (1, 14).

POLLUTION

La pollution en milieu agricole peut prendre la forme d'une surfertilisation ou encore d'une contamination par les métaux lourds non essentiels aux plantes (24). Elle est reliée à une mauvaise régie des fumiers, des lisiers, des engrais chimiques et des pesticides bien plus qu'à leur usage en agriculture. Car ce n'est pas l'usage mais l'abus qu'on en fait qui est néfaste.

L'utilisation rationnelle de ces substances comporte deux notions élémentaires: d'une part leur addition au sol doit être faite en temps opportun et, d'autre part, les doses doivent tenir compte des besoins de la plante, de la fertilité du sol et de sa capacité de rétention de l'eau et des éléments nutritifs. Autrement on risque de polluer le milieu (5, 6).

On ne peut donc pas appliquer inconsidérément les engrais chimiques, pas plus qu'épandre le lisier n'importe quand et n'importe comment à moins de considérer le sol simplement comme un site d'enfouissement.

Les éléments et les résidus issus des fumiers, des lisiers et des engrais chimiques (HPO_4^{--}, NO_3^-, NH_4^+ etc ...) sont des nutriments nécessaires aux plantes mais ils peuvent contaminer l'eau c'est bien connu. Ces polluants de source diffuse atteignent les cours d'eau par écoulement souterrain, par ruissellement et, dans certains cas, par érosion du sol de surface. Les quantités entraînées dépendent du volume d'eau en cause (ruissellement ou percolation), de la concentration et en surface ou dans le sol.

La forme minérale échangeable est la plus grande source de contamination des eaux parce qu'elle est celle sous laquelle les éléments sont les plus mobiles étant faiblement retenus dans le sol.

Le dosage systématique des éléments minéraux échangeables ou disponibles a donc été effectué en vue de connaître leurs niveaux dans les sols cultivés et surtout de dépister les teneurs élevées résultant de la surfertilisation ou de l'apport indu de ces éléments.

L'absence de norme ou de standard rend difficile l'interprétation des données en terme de pollution. Les normes choisies et retenues comme barème d'interprétation des éléments minéraux, majeurs et mineurs, sont tirées du tableau des niveaux d'éléments minéraux évalués par la méthode Mehlich 3, présenté plus loin.

Quant aux éléments majeurs P et K qui sont appliqués couramment en agriculture contrairement aux éléments mineurs, la surfertilisation est identifiée principalement aux teneurs excessives, c'est-à-dire plus de 500 kg ha^{-1}, sous formes échangeables ou assimilables, de ces éléments dans l'une ou l'autre des deux premières couches du sol. De plus, tout enrichissement significatif de ces éléments dans la troisième couche, c'est-à-dire la zone 40-60 cm de profondeur, sous monoculture est considéré comme le résultat d'une surfertilisation et un risque pour la qualité de l'eau.

Les éléments mineurs tel que leur nom l'indique sont nécessaires à la croissance des plantes en petites quantités comparativement aux éléments majeurs. Ils sont surtout des éléments endogènes; on les trouve naturellement dans le sol et leur addition n'a lieu que sous la forme d'ajouts indirects en tant qu'éléments traces dans les fertilisants, les lisiers, les fumiers ou les pesticides. Ils présentent donc un risque beaucoup moins grand pour la qualité de l'eau. Étant donné que la disponibilité de la plupart de ces éléments est influençée par le pH du sol, les variations sont difficiles à interpréter. En conséquence, on ne conclut à la contamination par les éléments mineurs que lorsque la valeur excède largement le niveau très riche au tableau des éléments minéraux.

Des métaux lourds non essentiels aux plantes ont aussi été analysés. Il s'agit du chrome (Cr) et du cobalt (Co) nécessaires en nutrition animale et humaine de même que du plomb (Pb) et du cadmium (Cd) sans utilité connue en alimentation animale ou végétale et qui peuvent être toxiques. Aucune classe n'a été définie pour ces éléments en fonction de leur concentra-

tion dans le sol. La quantité de Co utilisable est souvent insuffisante dans les sols: les concentrations minimales et maximales variant de 0,008 à 4 ppm (1). Le Cr et le Pb sont absorbés et concentrés dans les racines des plantes et ne sont pas redistribués dans le feuillage et les parties aériennes (5, 10, 12). Ils ne sont donc pas un risque pour la chaîne alimentaire tant qu'il n'y a consommation que de la partie aérienne des plantes (5, 10). La consommation des parties souterraines comme les tubercules invite cependant à des précautions. Des vérifications particulières s'imposent surtout si elles sont produites en sols très acides, car la teneur en métaux lourds augmente considérablement avec l'acidité du sol (5). Le Cd échangeable dans le sol constitue un risque sérieux en alimentation parce qu'en raison du seuil de phytotoxicité de la plante en cet élément, il s'accumule facilement dans les denrées alimentaires puis chez les animaux et l'homme (5, 10, 12). La contamination est définie ici comme étant un enrichissement significatif en Cr, en Pb ou en Cd dans deux couches successives de sol.

Niveau des éléments minéraux

Les éléments minéraux du sol sont dits majeurs ou mineurs selon qu'ils sont nécessaires en grande ou en petite quantités à la croissance normale des plantes. Le potassium, le phosphore et le magnésium font partie du premier groupe alors que le fer, le manganèse, le cuivre, le bore, le zinc et le molybdène font partie du deuxième. Leur présence relative plus ou moins grande dans le sol permet de le qualifier comme étant pauvre ou riche en l'un ou l'autre de ces éléments.

L'apport de fertilisants ou d'amendements vise à fournir les éléments nécessaires aux plantes sans atteindre un niveau excessif car la désorption et le lessivage augmentent avec la concentration. L'entraînement des éléments qui s'effectue par flux visqueux, flux convectif ou flux de masse, est accéléré des zones concentrées vers celles moins concentrées de sorte qu'ils se retrouvent en profondeur, non utiles à la plante et passent en solution dans les eaux souterraines..

Les classes de niveaux d'éléments minéraux correspondent à celles définies dans le Guide de fertilisation (Association des fabricants d'engrais du Québec, 1987), en spécifiant comme excessif le niveau correspondant à une teneur excédant 165 ppm de P et 0,58 me de K, soit 500 kg ha^{-1} de l'un ou l'autre de ces éléments, sauf pour les sols lourds, c'est-à-dire ceux qui ont 50 pour cent et plus d'argile.

La conversion des données a été effectuée à partir des équations décrites dans l'AGDEX (533 1988) pour établir les équivalences entre les méthodes à l'acétate, au HCl 0,1N, à l'eau chaude ou Bray-2 et celle de Mehlich-3.

Tableau 7: Niveaux d'éléments minéraux évalués par la méthode MEHLICH-3.

Unités	Très pauvre	Pauvre	Moyen	Riche	Très riche	Excessif
me* K	0,0 - 0,13	0,14 - 0,26	0,27 - 0,35	0,36 - 0,45	0,46 - 0,58	≥ 0,58
me Mg	0,0 - 0,18	0,19 - 0,27	0,28 - 0,37	≥ 0,37		
ppm** P	0 - 25	25 - 65	66 - 100	101 - 125	126 - 165	≥ 165
ppm Fe	0 - 75	76 - 100	101 - 125	126 - 150	≥ 150	
ppm Mn	0 - 6	7 - 10	11 - 14	15 - 22	≥ 22	
ppm Cu	0,0 - 0,30	0,31 - 0,60	0,61 - 1,10	1,11 - 2,10	≥ 2,10	
ppm B	0,0 - 0,60	0,61 - 1,20	1,21 - 1,67	1,68 - 2,17	≥ 2,17	
ppm Zn	0,0 - 0,70	0,71 - 1,70	1,71 - 2,70	2,71 - 4,20	≥ 4,20	
ppm Mo	0,0 - 0,05	0,06 - 0,10	0,11 - 0,20	0,21 - 0,40	≥ 0,40	

Association des fabricants d'engrais du Québec. 1987. Guide de fertilisation. Montréal, Québec. 2ième édition.

* me: milliéquivalents par 100 grammes de sol.

** ppm: parties par million.

Le cobalt (Co) est un autre élément mineur analysé mais pour lequel aucune classe n'est établie selon sa concentration dans le sol. Jugé essentiel en alimentation animale, il doit normalement se trouver dans le sol.

Les résultats analytiques font état du Co sans en qualifier le niveau comme étant pauvre ou riche. Il en est de même des métaux lourds tels le chrome (Cr), le plomb (Pb) et le cadmium (Cd), jugés d'aucune utilité à la plante ou considérés toxiques. Ils sont des éléments traceurs: l'augmentation significative de ces derniers dans le sol est un indicateur, un signe de contamination tandis que les excès de potassium et de phosphore sont des signes de surfertilisation.

RÉFÉRENCES

1) Agdex 570, 1986. La dégradation des sols agricoles. Bulletin technique 13, CPVQ, MAPAQ.

2) Anonyme. 1988. Politique ministérielle de conservation des sols et de l'eau en milieu agricole. MAPAQ.

3) Anonyme. 1987. Symposium sur la pomme de terre, cahier de conférences. CPVQ, MAPAQ.

4) Anonyme. 1988. Colloque sur la conservation des sols, Cahier de conférences. CPVQ.

5) Anonyme, 1984. Épandage des boues d'épuration sur les terres agricoles. Une évaluation. Comité d'experts sur la gestion du sol et de l'eau. Agriculture Canada, pp. 45.

6) Aubert, H. et M. Pinta, 1971. Les éléments traces dans les sols. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M. no 11, 103 pp.

7) Bennet, H. H. 1939. Soil Conservation. Mc Graw-Hill. New York.

8) Bennet, H. H. 1955. Elements of soil conservation. Mc Graw-Hill.

9) Bernard, C. 1988. Érosion hydriques et pollution diffuse. Agrosol. Vol. 1 no 1. Service de recherche MAPAQ.

10) Bridle, T. R. 1985. L'épandage des eaux usées traitées et des boues d'épuration d'origine urbaine. Guide SPE6-ED-84-1. Environnement Canada, pp. 190.

11) Carrier, D. 1988. La matière organique du sol. AGROSOL, vol. I, no 1: 15-20. Service de recherche en sols, MAPAQ.

12) Chaney, R. L. et P. M. Giordano, 1977. Microelements as related to plant deficiencies and toxicities; in L.F. Elliot et F. J. Stevenson (ed.) Soils for Management of Organic Wastes and Waste Waters. Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin. 11 pp. 234-279.

13) Coote, R. 1984. La situation de la dégradation des terres agricoles dans l'est du Canada. Journée d'information sur la conservation des sols. Cahier de conférences CPVQ. MAPAQ.

14) Côté, D. 1988. Les propriétés physiques du sol, Service de recherche en sols, MAPAQ. Agrosol, Vol. 1, No. 1.

15) CPVQ. 1984. Journée d'information sur la conservation des sols. Cahier des conférences, MAPAQ.

16) Dejou, J. et C. R. De Kimpe, 1984. La compacité des sols et ses conséquences agronomiques. Bulletin technique d'information 386. Ministère de l'Agriculture, 78, rue de Varenne, 75 700, Paris.

17) Frenette, M., 1990. Analyse macroscopique de l'érosion des bassins et de l'apport solide dans les tributaires du Saint-Laurent. Conférence au colloque du CPVQ sur la conservation de l'eau. Février 1990. Inédit.

18) Grimaldi, M. 1986. Modifications structurales d'un matériau soumis à un compactage dynamique. Science du sol. Vol. 24.

19) Gros, A. 1967. Engrais guide pratique de la fertilisation. La maison rustique. Paris.

20) Kachanoski, R. G., De Jong, E., 1984. Predicting the temporal relationsip between soil cesium-137 and erosion rate. J. Environ. Qual. 13:301-304.

21) Kohnke, H. and Bertrand, A. 1959. Soil Conservation Mc Graw-Hill.

22) Lal, R. 1988. Soil Erosion Research Methods. Soil and Mater Conservation Society. 7515 Northeast Ankesny Road. Ankeny, Iowa 50021 - 9764.

23) Martel, Y. A. et M. R. Laverdière, 1976. Facteurs qui influençent la teneur de la matière organique et les propriétés d'échange cationique des horizons Ap des sols de grande culture du Québec. Can. J. Soil Sci. 56:213-221.

24) Mc Neely, R.N., V.P. Neimanis et L. Dwyer 1980. Références sur la qualité des eaux. Environnement Canada.

25) N'Dayegamiye, A. 1988. Amendements, fertilisants et rotations. Agrosol, Vol. 1, No. 1.

26) Plaisance, G. et A. Cailleux 1958. Dictionnaire des sols. La maison rustique, 26, rue Jacob, Paris 6e.

27) Ripley, P. O., Kalbfleisch, W. M., Bourget, S. J. and Cooper, D. J. 1972. Érosion du sol par l'eau. Agriculture Canada, Information Canada.

28) Rompré, M. 1970. L'érosion éolienne. Travail présenté dans le cours de conservation des sols, Université Laval. Inédit.

29) Scott, A. 1968. Les Sols-Nature, propriétés, améliorations. Librairie Beauchemin, Montréal.

30 Soltner, D. 1986. Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol: 14e édition 1986, 464 p.

31) Tran, T.S. 1988. Acidification des sols du Québec. Service de recherche en sols MAPAQ. Agrosol, Vol. 1, No 1.

32) Wischmeier, W. H., Smith, D. D. 1965. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mocentains. U.S. Dept. Agriculture, Handbook, no 282, 48 p.

33) Zachar, D. 1982. Soil Erosion. Developements in Soil Science 10. Elsevier Scientific Publishing Cpmpagny, New York.

LES SOLS ÉTUDIÉS

Selon la méthode mentionnée précédemment, près de 200 séries de sols ont été étudiés dans le cadre de l'inventaire. Pas moins de 32 500 échantillons ont été prélevés au champ et analysés en laboratoire pour plus de 450 000 déterminations dont les données sont saisies sur informatique. Ces données une fois traitées et interprétées sont présentées, sous la forme de résultats et discussion à la série, dans les rapports régionaux. Quelques spécimens sont reproduits ici à titre illustratif seulement. Car les renseignements sont condensés aux tableaux 11.1 à 11.3 et 12.1 à 12.3: **modifications des propriétés des sols selon les monocultures** et **nature de la dégradation des sols et recommandations,** pour un aperçu global de l'état de la situation. Pour plus de détails, on doit se référer aux rapports régionaux où les sols sont présentés selon le groupe textural auquel ils appartiennent.

LES GROUPES DE SOLS ET LES CLASSES TEXTURALES

Selon des critères de texture et la présence de fragments grossiers, les sols étudiés sont répartis en trois groupes.

Les sols du **groupe 1** possèdent généralement une texture variant de l'argile au loam sableux. Ils sont exempts de fragments grossiers et permettent la prise de cylindres dans les trois couches pour fins d'évaluation de la densité, de la porosité et de l'humidité.

Les sols du **groupe 2** sont sableux. La texture de surface varie du sable au loam; certains d'entre eux contiennent des fragments grossiers graveleux en profondeur.

Enfin, les sols du **groupe 3** sont presque tous constitués de till glaciaire à texture variant du loam sableux au loam limoneux. Ils contiennent des fragments grossiers, graviers, cailloux et pierres.

Les sols étudiés ont été traités statistiquement en vue de déterminer s'ils sont représentatifs de la série en cause quant à leur teneur en sable, limon, argile, pour s'assurer qu'ils appartiennent à la même classe texturale et que les comparaisons portent sur des choses comparables. Les classes texturales sont établies selon l'abaque tiré du Système canadien de classification des sols, comité d'experts sur la prospection pédologique d'Agriculture Canada, 1987, (figure 6).

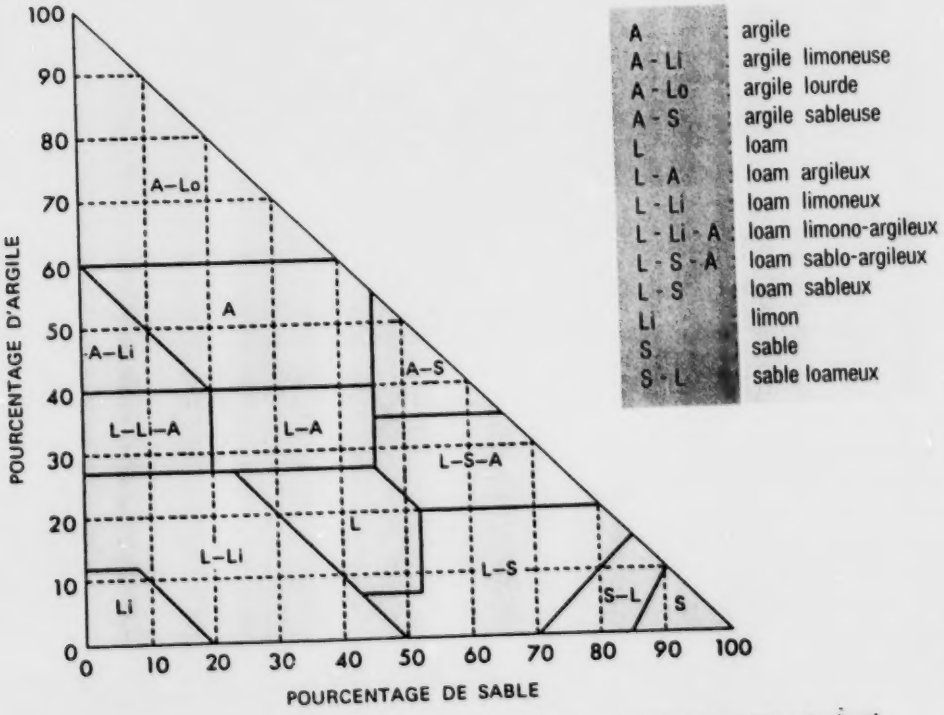


Figure 6: Classes texturales du sol. Pourcentages d'argile et de sable dans les principales classes texturales du sol; le reste se compose de limon.

ÉNUMÉRATION DES SÉRIES DE SOLS ÉTUDIÉS

Les séries de sols étudiées sont énumérées avec leurs caractéristiques aux tableaux 10,1 à 10,3 inclusivement. En plus de la texture, du drainage et de la topographie, y figure la superficie défrichée respective de chaque série. La signification des symboles correspondant à la classe texturale est donnée à la figure 6 où il faut ajouter: LSf, loam sableux fin; LSg, loam sableux graveleux; LST loam sableux tourbeux; Lg, loam graveleux; Sf, sable fin et Sg, sable graveleux.

Tout comme la texture, le drainage interne et la topographie sont exprimés selon les classes tirées du Système canadien de classification des sols, comité d'experts sur la prospection pédologique d'Agriculture Canada, 1987, et définies ci-après.

Tableau 8: Classes de drainage et signification des symboles

TR	:	très rapidement drainé
R	:	rapidement drainé
B	:	bien drainé
MB	:	modérément bien drainé
I	:	imparfaitement bien drainé
M	:	mal drainé
TM	:	très mal drainé

Tableau 9: Topographie ou classes de pentes

Classes de pentes	Pourcentage de pentes	Description
1	de 0 à 0,5	plat
2	0,5 à 2,5	presque plat
3	2 à 5	pentes très douces
4	6 à 9	pentes douces
5	10 à 15	pentes modérées
6	16 à 30	pentes fortes

Tableau 10.1: Caractéristiques des sols du groupe 1

Série	Texture	Drainage	Topographie	Superficie Défrichée (ha)
Albanel	ALi-A	M-TM	de presque plat à pente très douces	1937
Alma	L	I	presque plat ou plat	35301
Ange Gardien	LS-L	TR	de plat à pentes très douces	2607
Anglier	ALi-ALo	B-MB	de presque plat à pentes fortes	n.d.*
Apika	LS-SL	I-M	de plat à pentes très douces	n.d.
Baby	LLi-LLiA	MB-I	de plat à pentes très fortes	n.d.
Bearbrook	ALo-A	M	plat ou presque plat	5522
Bearn	LLiA-ALo	I	de plat à pente douce	n.d.
Beaudette	LLi	I	plat ou presque plat	10076
Bedford	L-LA	I-M	de plat à pentes très douces	24405
Berthier	L-LA	I-M	plat	3625
Boucherville	L-LA	M	plat ou presque plat	3054
Bouchette	ALi-LLi	B	presque plat ou pentes très douces	17189
Bourget	L	B-I	plat ou presque plat	2423
Brandon	LLi-ALi	M	plat ou presque plat	5620
Bullard	LLi-LS	M-TM	plat ou presque plat	1083
Chaloupe	L-LLi	I	plat ou presque plat	12585
Champlain	LLi	M	plat ou presque plat	3127
Chapeau	L-LA	B-MB	de presque plat à pentes modérées	4300
Châteauguay	LA	MB-I	de plat à pentes très douces	11862
Chicoutimi	LA-ALi	I-M	plat ou presque plat	2398
Coaticook	L-LA	B-I	de plat à pentes douces	8470
Cotnoir	LS-SL	M-TM	plat ou presque plat	n.d.
Courval	L-LS	I	plat ou presque plat	20019
Dalhousie	LLi-LLiA	I	plat ou presque plat	27743
De l'Anse	LA-ALo	M	plat	7795
Du Creux	LA-A	I	plat ou presque plat	11748
Duhamel	L-ALo	M-TM	de plat à pentes douces	n.d.
Eugène	LLi	B-MB	de plat à pentes fortes	n.d.
Fabre	ALi	B-MB	de plat à pentes modérées	n.d.
Guérin	A-ALo	M-TM	plat ou presque plat	n.d.
Guigues	LLi	B-MB	de pentes très douces à fortes	n.d.
Guyenne	ALo-ALi	B-MB	de presque plat à pentes douces	n.d.
Hébertville	ALi	M-TM	presque plat	4917
Henryville	LA-L	B	de pentes très douces à modérées	3143
Howick	LLi-A	I	de plat à pentes très douces	6901
Kamouraska	A-ALo	M	plat ou presque plat	22874
Kénogami	S-SL	B-I	plat ou presque plat	3112
Labarre	LLiA	M	plat ou presque plat	3719
La Malbaie	LLiA	B-MB	de pentes très douces à pentes fortes	1072
Laplaine	A-ALo	M	plat ou presque plat	4920
La Pocatière	A-LA	I-MB	de presque plat à pentes douces	4727
Levrard	LA-L	I-M	de plat à pentes très douces	18039
Loutre	LS	B-MB	pentes très douces ou modérées	n.d.
Macamic	ALo	B-MB	de presque plat à pentes modérées	n.d.
Melançon	LS-LSA	M	plat ou presque plat	n.d.
Melbourne	L	B-MB	de pentes très douces à modérées	2504
Milby	Sf-LLi	B-M	de plat à pentes très douces	3943
Montmagny	LLi	B-M	presque plat ou pentes très douces	2151
Moreau	LS-LLi	I	presque plat	779
Napierville	L-LSA	I	pentes très douces	6211
Nédelec	LLiA	I	de plat à pentes très douces	n.d.
Neubois	L-LLi	MB-I	de plat à pentes modérées	3659
Normandin	LLi-ALi	I-M	plat ou presque plat	4923
Ormstown	LLiA-LLi	I	de plat à pentes très douces	2859
Palmarolle	ALo	I-M	de plat à pentes très douces	n.d.
Paquin	A	B-MB	de presque plat à pentes modérées	n.d.
Péribonka	LLi-LS	B-I	de plat à pentes très douces	814
Platon	LA-A	M	de plat à pentes très douces	1919
Pontiac	L-LLi	B	de pentes modérées à très douces	47909
Providence	A-ALo	M	plat ou presque plat	16411
Rémigny	ALo	M-TM	plat ou presque plat	n.d.
Rideau	LLi-A	B-I	de plat à pentes modérées	47740
Roquemaure	ALo	M-TM	de plat à pentes très douces	n.d.
Roulier	A-ALo	I	presque plat ou pentes très douces	n.d.
Sabrevois	LS-LLi	I	plat à presque plat	4405
Saint-Aimé	LS-LLi	I-M	plat	7705
Saint-Anicet	LLi-L	I-M	de pentes très douces à plats	3251
Saint-Benoit	LS-L	B	pentes très douces ou douces	1505
Saint-Blaise	A-L	M-I	plat ou presque plat	34917
Saint-Hyacinthe	L-LA	I	plat ou presque plat	490
Saint-Laurent	L-ALi	I	de plat à pentes très douces	13351
Saint-Pascal	LA	M	plat ou presque plat	7170
Saint-Raymond	L-LS	B-MB	de plat à pentes très douces	8086
Saint-Urbain	A-ALo	I	plat ou presque plat	29522
Saint-Zotique	LA-A	M-TM	de plat à pentes très douces	2159
Sainte-Barbe	L-LLi	M	plat	7367
Sainte-Brigide	L-LS	I-M	de plat à pentes très douces	7612
Sainte-Rosalie	ALo-LLi	I-M	plat	252124

*n.d. : non disponible

Tableau 10.1: suite.

Série	Texture	Drainage	Topographie	Superficie Défrichée (ha)
Sheldon	LS-LLi	MB-I	pentes douces ou modérées	10658
Shipton	L	MB-B	de plat à pentes douces	2183
Soulanges	S-LS	I-M	plat	12484
Suffield	LA-L	M-I	de plat à pentes très douces	3104
Taillon	L	B	de pentes modérées à très douces	26472
Tilly	LA	B	de plat de pentes douces	5538
Valin	LS-LSA	B	de plat à pentes très douces	943
Yamaska	LLi	I	de plat à pentes très douces	9300
Total des superficies défrichées (ha)				888481

Tableau 10.2: Caractéristiques des sols du groupe 2

Série	Texture	Drainage	Topographie	Superficie Défrichée (ha)
Achigan	LS-S	I	plat ou presque plat	23352
Argentenay	S-LS	M-TM	presque plat	488
Aston	S-LS	I-M	plat ou presque plat	13283
Baie des Sables	LS	TR	presque plat ou pentes très douces	n.d.
Batiscan	LLi	B	presque plat	2173
Beaurivage	SL-LS	R-TR	de plat à pentes très douces	31035
Botreaux	SL	TM-M	presque plat ou pentes très douces	3099
Colton	S-LS	R-TR	de pentes modérées à très douces	5793
Coteau	LS	B	plat à pentes très douces	2116
Danby	Sg-LSg	TR-B	de pentes modérées à presque plat	10274
Desbiens	S-SL	B	de presque plat à pentes modérées	3630
Des Orignaux	L-LS	TR-R	pentes très douces	6261
Des Saults	LSf-L	I	plat ou presque plat	10854
Dolbeau	LS	B	plat ou presque plat	5399
Dujour	L-A	M	plat ou presque plat	2347
Dupas	LS-LLi	I-M	de plat à pentes très douces	7299
Fleury	LLi-LS	M	plat ou presque plat	3058
Fourchette	L-LSg	M-TM	plat ou presque plat	4345
Hilarion	S-SL	B	de presque plat à pentes modérées	732
Honfleur	S-SL	TR	presque plat ou plat	16309
Irénée	LS	B-MB	de plat à pentes douces	1620
Ivry	S-LS	TR	de pentes très douces à modérées	28805
Joliette	S-SL	I	plat	1883
Joseph	LS-SL	M-TM	plat	5205
Knowlton	LS	B-M	de pentes modérées à très douces	2110
Lanoraie	Sf-S	TR-B	de plat à pentes très douces	7265
Lapointe	LS	B	plat ou presque plat	5877
Massueville	LSf-Sf	I	presque plat ou pentes très douces	2585
Mitis	Sg	M-B	presque plat ou pentes très douces	277
Morin	S-SL	TR	de plat à pentes très douces	48507
Neigette	Lg	B-MB	de plat à pentes douces	1448
New Carlisle	LS	TR-R	presque plat	n.d.
Orléans	LS-LLi	B	de presque plat à pentes modérées	8817
Pabos	L	B	pentes très douces ou douces	n.d.
Pelletier	S-SL	I	presque plat	1646
Piedmont	SL-LS	MB	de presque plat à pentes modérées	14235
Pierreville	LS-LS	MB-I	plat	5052
Pont-Rouge	Sg-LSg	TR-R	de plat à pentes très douces	1272
Ripon	SL	B	de plat à pentes très douces	12681
Rubicon	LSf	I	presque plat	10463
Saint-Amable	S	variable	de presque plat à pentes douces	61695
Saint-André	LSg	B-TR	de pentes très douces à modérées	29685
Saint-François	Sg-SL	B-TR	de plat à pentes douces	9714
Saint-Gabriel	LS-Sg	TR	de pentes douces à presque plat	17515
Saint-Jude	S-SL	I	de plat à pentes très douces	81033
Saint-Nicolas	L	B	de presque plat à pentes douces	16223
Saint-Pacôme	SL-LS	R-TR	presque plat ou pentes très douces	22773
Saint-Samuel	S-SL	M-TM	de plat à pentes très douces	24327
Saint-Sébastien	LS-LLi	B	pentes très douces	4112
Saint-Thomas	Sf-S	B	de plat à pentes très douces	16232
Sainte-Hélène	LSg	B-TR	de plat à pentes très douces	9005
Sainte-Philomène	LSg	R-TR	de presque plat à pentes douces	3737
Sainte-Sophie	S-SL	B-TR	pentes très douces ou douces	12311
Uplands	S-SL	B-TR	pentes douces ou très douces	11920
Valère	LSf	I	de pentes très douces à plat	1787
Vaudreuil	Sf-LS	M-TM	de plat à pentes très douces	7343
Total des superficies défrichées (ha)				640285

Tableau 10.3: Caractéristiques des sols du groupe 3

Série	Texture	Drainage	Topographie	Superficie Défrichée (ha)
Ascot	L-LS	B	pentes douces ou modérées	18100
Brompton	LS-L	M-TM	de plat à pentes très douces	26290
Calais	L	I	de pentes très douces à modérées	30444
Dessaint	L-LS	I-M	de plat à pentes modérées	7810
Dorval	LA-L	B	de presque plat à pentes douces	3805
Dufferin	L-LLi	M	de plat à pentes douces	12077
Greensboro	L-LLi	B	de pentes très douces à modérées	73270
Magog	L-LS	I	de pentes très douces à modérées	19078
Mawcook	LS	M	de plat à pentes très douces	13646
Orford	L	MB-I	de presque plat à pentes modérées	4166
Raimbault	LS	I-M	de presque plat à pentes douces	10610
Racine	LS	R-TR	de pentes très douces à modérées	8591
Rivière-du-Loup	L-LS	B	de presque plat à pentes modérées	17167
Roxton	LSg	B-TR	de presque plat à pentes douces	6149
Saint-Bernard	LS-L	B-I	de presque plat à pentes douces	20376
Sainte-Marie	L-LS	I-M	de presque plat à pentes modérées	50414
Savoie	LS-LLi	M-TM	presque plat ou pertes très douces	2224
Shefford	LS-L	B	pentes douces ou modérées	12162
Sherbrooke	L-LLi	B	de pentes très douces à modérées	8070
Tremblay	LS	B	pentes douces ou modérées	62522
Woodbridge	L-LS	I	de pentes très douces à modérées	39215
Total des superficies défrichées (ha)				446196

RÉSULTATS ET DISCUSSION À LA SÉRIE

Les spécimens, (deux par groupe de sols) de résultats et discussion à la série présentés ici sont une illustration des renseignements fournis aux rapports régionaux quant aux propriétés physiques, chimiques et leur comportement en fonction des cultures.

Malgré qu'ils constituent le coeur même des rapports régionaux et qu'ils soient essentiels aux professionnels, conseillers agricoles et praticiens pour les recommandations agronomiques, les résultats et discussion à la série prennent ici une importance secondaire étant donné l'aspect global visé résumé aux tableaux synthèses 11,1 à 11,3 faisant état de la modification des propriétés des sols selon les monocultures et, 12,1 à 12,3, de la nature de la dégradation et des recommandations.

Certaines données telles la conductivité hydraulique, le rapport carbone-azote (C/N), la capacité d'échange cationique (CEC) et le pourcentage de saturation en bases, sans être essentielles à l'identification des phénomènes, figurent aux tableaux des résultats à cause de la pertinence incontestable de ces informations en aménagement et gestion des sols.

Les valeurs numériques relatives aux propriétés physiques et chimiques, fournies aux tableaux 1 et 2 pour chaque série de sols, sont les moyennes statistiques des valeurs individuelles de 14 échantillons par couche par culture. Même si elles diffèrent d'une culture à l'autre, elles ne sont un indice de dégradation que si elles sont statistiquement différentes de façon significative. Seules les valeurs modifiées de façon significative sont retenues comme indices de dégradation des sols.

À l'item années, il est indiqué depuis combien de temps les champs étudiés sont sous la culture identifiée.

Quant à la superficie défrichée de chaque série de sols, elle figure aux tableaux précédents.

Quelques caractéristiques des sols RIDEAU érodé

Texture: argile ou loam limono-argileux/argile lourde

Drainage: bien ou modérément bien drainé

Topographie: de plat à pentes modérées

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les sols Rideau érodé ont été échantillonnés en terrains plats sauf pour quelques sites où les pentes étaient modérées (9 pour cent à 15 pour cent). La structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs et de céréales: diminution significative du nombre des gros agrégats et du diamètre moyen des particules (Tableau 1). Dans cette même couche, les sols sont compactés sous monoculture de maïs: augmentation significative de la densité apparente et diminution significative de la porosité totale (Tableau 1). Dans la couche inférieure, les sols sont compactés sous monoculture de céréales: augmentation significative de la densité apparente et diminution significative de la porosité totale (Tableau 1). La macroporosité est significativement plus faible sous maïs dans les trois couches et sous céréales dans la couche 1.

TABLEAU 1.: Propriétés physiques des sols RIDEAU érodé

Descripteurs	Couche 1			Couche 2			Couche 3		
	Prairie	Maïs	Céréale	Prairie	Maïs	Céréale	Prairie	Maïs	Céréale
Années	4 - 5	3 - 3	2 - 4	4 - 5	3	2	4 - 5	3	2 - 4
Sable (%)	18	17	22	13	8	15	5	3	4
Limon (%)	41	44	32	37	38	30	31	32	28
Argile (%)	41	39	46	50	54	55	64	65	68
Humidité (%)	37,0 b	40,0 b	43,8 a	39,0 b	43,5 a	38,7 ab	45,2 a	46,2 a	41,2 a
K (cm/hre)*	6,70 a	4,88 a	14,31 a	4,81 a	2,35 a	4,49 a	2,80 ab	0,96 b	4,05 a
D_b (g/cm$_3$)**	1,28 b	1,34 a	1,31 ab	1,38 a	1,39 a	1,37 a	1,30 b	1,35 ab	1,39 a
Porosité totale (%)	49,2 a	45,9 b	47,8 ab	46,2 a	46,8 a	47,7 a	50,6 a	48,8 ab	47,3 b
Macroporosité (%)	10,2 a	5,9 b	3,8 b	7,0 a	2,8 b	7,8 a	4,8 a	1,2 b	4,8 a
Agrégats 8-5mm (%)	84,6 a	32,8 c	54,6 b	-	-	-	-	-	-
Agrégats 5-2mm (%)	10,8 c	35,2 a	23,8 b	-	-	-	-	-	-
Agrégats 2-1mm (%)	1,2 c	13,3 a	7,3 b	-	-	-	-	-	-
D M P (mm)***	5,94 a	3,62 c	4,55 b	-	-	-	-	-	-

* K = Conductivité hydraulique

** D_b = Densité apparente

*** D M P (mm) = Diamètre moyen pondéré des particules

Seuil de probabilité $P \geq 0.05$.

Les lettres différentes à l'intérieur d'une même couche pour la combinaison couche - cultures indiquent des valeurs significativement différentes.

L'acidification n'est pas accrue sous monocultures (Tableau 2); les pH mesurés sont faiblement à moyennement acides dans les couches 1 et 2 et, neutres dans la couche 3.

La teneur en matière organique de la couche de surface est de niveau moyen sous prairie et monoculture de maïs et pauvre sous monoculture de céréales (Tableau 2). Elle n'est pas significativement différente selon les cultures.

Les teneurs en éléments minéraux majeurs et mineurs sont généralement assez élevées (Tableau 2). Les éléments dont la teneur varie de façon significative selon les cultures demeurent à des niveaux utiles pour la plante si on fait exception du K sous monocultures de maïs dans les trois couches et sous monoculture de céréales dans les couches 1 et 3. La teneur en métaux lourds (Cr, Pb et Cd) est indépendante des cultures.

TABLEAU 2.: Propriétés chimiques des sols RIDEAU érodé

Descripteurs	Couche 1			Couche 2			Couche 3		
	Prairie	Maïs	Céréale	Prairie	Maïs	Céréale	Prairie	Maïs	Céréale
Années	4 - 5	3 - 3	2 - 4	4 - 5	3	2	4 - 5	3	2 - 4
pH	6,0 a	5,8 a	6,3 a	6,1 b	6,5 a	6,2 ab	6,6 a	6,9 a	7,0 a
M.O. (%)	3,65 a	4,40 a	3,39 a	1,96 ab	2,32 a	0,98 b	0,48 a	0,69 a	0,59 a
C/N	11,3 b	12,5 a	11,4 b	10,8 ab	11,9 a	10,2 b	9,9 a	11,0 a	10,1 a
Ca éch. (meq/100g)	7,90 a	8,28 a	8,43 a	7,96 a	9,18 a	9,22 a	9,99 a	9,45 a	11,91 a
Mg éch. (meq/100g)	8,13 a	3,33 a	4,63 a	4,90 a	6,22 a	6,64 a	8,16 b	8,14 ab	9,63 a
K éch. (meq/100g)	0,39 b	0,70 a	0,79 a	0,38 b	0,70 a	0,35 b	0,51 a	0,63 a	0,63 a
CEC (meq/100g)	23,45 a	21,45 a	21,92 a	23,79 a	23,26 a	25,62 a	25,17 ab	22,89 b	28,30 a
Sat. bases (%)	53,1 a	56,4 a	63,8 a	57,7 b	70,4 a	67,7 ab	75,6 b	81,8 ab	83,7 a
P disponible ppm	10,9 b	38,2 a	32,8 a	12,1 a	18,8 a	10,9 a	7,9 a	8,2 a	9,6 a
Fe disponible ppm	243,9 a	263,6 a	261,2 a	243,5 a	243,7 a	239,7 a	231,2 a	234,4 a	247,6 a
Mn disponible ppm	16,80 b	24,93 a	21,72 ab	17,22 a	30,10 a	20,20 a	23,81 a	33,86 a	25,72 a
Cu disponible ppm	1,85 b	2,26 ab	3,91 a	1,68 ab	2,33 a	1,48 b	2,04 b	2,61 ab	4,05 a
B disponible ppm	0,64 a	0,67 a	0,70 a	0,66 a	0,73 a	0,65 a	0,80 a	0,80 a	0,87 a
Zn disponible ppm	1,73 b	3,24 a	2,50 a	1,45 b	3,03 a	1,49 b	1,83 b	2,74 a	2,42 a
Mo disponible ppm	0,45 b	0,68 a	0,72 a	0,47 b	0,73 a	0,77 a	0,50 b	0,76 a	0,77 a
Co disponible ppm	0,32 a	0,33 a	0,34 a	0,34 a	0,41 a	0,40 a	0,53 a	0,55 a	0,52 a
Cr disponible ppm	0,39 a	0,37 a	0,39 a	0,44 a	0,46 a	0,46 a	0,57 a	0,57 a	0,59 a
Pb disponible ppm	1,48 a	1,73 a	2,03 a	1,58 a	1,23 a	0,92 a	1,13 a	1,10 a	1,33 a
Cd disponible ppm	0,18 a	0,20 a	0,18 a	0,17 a	0,17 a	0,15 a	0,16 a	0,17 a	0,17 a

Seuil de probabilité $P \geq 0.05$.

Les lettres différentes à l'intérieur d'une même couche pour la combinaison couche-cultures indiquent des valeurs significativement différentes.

En résumé, la structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs et de céréales. Il y a compactage du sol sous monoculture de maïs dans la couche de surface et sous monoculture de céréales dans la couche inférieure. De plus, il y a surfertilisation en K sous monocultures.

Serie SAINTE-ROSALIE argile lourde

Quelques caractéristiques des sols SAINTE-ROSALIE argile lourde

Texture: argile lourde ou argile
Drainage: mal drainé
Topographie: plat

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monoculture de maïs et de céréales: diminution significative du nombre des gros agrégats et du diamètre moyen des particules (Tableau 1). La macroporosité est plus faible sous monocultures dans cette couche et la conductivité hydraulique y est plus faible sous céréales. Dans la couche intermédiaire, la macroporosité est plus faible sous maïs pendant que dans la couche inférieure, la conductivité hydraulique est plus faible sous céréales.

TABLEAU 1.: Propriétés physiques des sols SAINTE-ROSALIE argile lourde

Descripteurs	Couche 1			Couche 2			Couche 3		
	Prairie	Maïs	Céréale	Prairie	Maïs	Céréale	Prairie	Maïs	Céréale
Années	7 - 12	8	3 - 3	7 - 12	8	3 - 3	7 - 12	8 - 10	3 - 3
Sable (%)	6	8	8	8	9	6	8	9	5
Limon (%)	31	33	36	28	36	33	31	33	31
Argile (%)	63	59	56	64	55	61	61	58	64
Humidité (%)	43,8 b	48,7 a	46,5 ab	45,2 a	45,0 a	44,9 a	45,8 a	45,4 a	46,3 a
K (cm/hre)*	20,81 a	11,05 ab	8,60 b	0,52 a	2,88 a	1,67 a	1,27 a	0,63 ab	0,24 b
D_b (g/cm$_3$)**	1,16 a	1,15 a	1,23 a	1,34 a	1,36 a	1,36 a	1,37 a	1,39 a	1,38 a
Porosité totale (%)	51,7 a	52,6 a	50,6 a	48,7 a	47,7 a	47,9 a	48,1 a	47,3 a	48,5 a
Macroporosité (%)	7,5 a	2,9 b	2,6 b	2,6 a	0,1 b	1,4 ab	1,7 a	1,1 a	0,7 a
Agrégats 8-5mm (%)	69,9 a	16,0 b	26,5 b	-	-	-	-	-	-
Agrégats 5-2mm (%)	18,4 b	37,4 a	30,9 a	-	-	-	-	-	-
Agrégats 2-1mm (%)	3,4 b	13,5 a	11,9 a	-	-	-	-	-	-
D M P (mm)***	5,20 a	2,60 b	3,00 b	-	-	-	-	-	-

* K = Conductivité hydraulique

** D_b = Densité apparente

*** D M P (mm) = Diamètre moyen pondéré des particules

Seuil de probabilité P ≤ 0.05

Les lettres différentes à l'intérieur d'une même couche pour la combinaison couche-cultures, indiquent des valeurs significativement différentes

Il y a acidification accrue sous monoculture de maïs dans les trois couches et sous monoculture de céréales dans la couche 2 (Tableau 2). Les pH mesurés varient de moyennement acides à neutres.

La teneur en matière organique dans la couche de surface est de niveau moyen sous prairie comme sous monocultures (Tableau 2) et significativement moins élevée sous monoculture de céréales. Le contenu en matière organique qui est de 145 t/ha sous prairie comparativement à 105 t/ha sous maïs et 100 t/ha sous céréales traduit une diminution réelle de la matière organique.

Les teneurs en Ca, Mg, K et Cu sont indépendantes des cultures. Les autres éléments majeurs et mineurs varient de façon significative selon les cultures et la couche considérée (Tableau 2). Cependant, ils demeurent généralement à des niveaux utiles à la plante. Les teneurs en K sont excessives sous monocultures dans les trois couches étudiées et les teneurs en P sont plus élevées sous maïs dans les couches 1 et 2 et sous céréales dans la couche 2. La teneur en Cd est indépendante des cultures; la teneur en Cr est plus faible sous maïs dans la couche 2 et celle en Pb sous maïs et céréales dans la couche 2.

TABLEAU 2.: Propriétés chimiques des sols SAINTE-ROSALIE argile lourde

Descripteurs	Couche 1			Couche 2			Couche 3		
	Prairie	Maïs	Céréale	Prairie	Maïs	Céréale	Prairie	Maïs	Céréale
Années	7 - 12	8	3 - 3	7 - 12	8	3 - 3	7 - 12	8 - 10	3 - 3
pH	6,2 a	5,7 b	6,2 a	7,2 a	6,2 b	6,6 b	7,2 a	6,6 b	7,2 a
M.O. (%)	6,08 a	5,39 ab	4,64 b	1,57 b	3,14 a	2,03 ab	0,72 a	0,88 a	0,59 a
C/N	12,0 a	11,1 b	11,1 b	10,4 a	11,3 a	10,2 a	9,0 a	9,5 a	7,9 a
Ca éch. (meq/100g)	12,26 a	11,26 a	12,21 a	12,83 a	10,64 a	11,49 a	10,07 a	10,53 a	10,44 a
Mg éch. (meq/100g)	6,73 a	6,52 a	7,44 a	8,73 a	7,00 a	8,10 a	7,90 a	8,22 a	8,58 a
K éch. (meq/100g)	0,53 a	0,84 a	0,84 a	0,47 a	0,75 a	0,74 a	0,60 a	0,60 a	0,68 a
CEC (meq/100g)	31,37 a	31,11 a	30,30 a	28,07 a	27,25 a	28,89 a	23,46 b	27,61 a	23,88 ab
Sat. bases (%)	61,8 a	60,7 a	67,6 a	81,7 a	68,5 b	74,5 ab	87,0 a	75,8 b	86,2 a
P disponible ppm	20,1 b	51,8 a	26,4 b	7,6 b	26,3 a	20,6 a	9,1 a	12,6 a	8,5 a
Fe disponible ppm	298,6 b	347,0 a	300,6 b	214,1 b	309,7 a	284,0 a	238,3 a	244,0 a	218,4 a
Mn disponible ppm	11,74 b	16,19 b	29,16 a	14,23 b	11,63 b	30,28 a	24,95 b	21,01 b	71,18 a
Cu disponible ppm	2,52 a	1,58 a	1,82 a	2,33 a	1,22 a	1,76 a	2,53 a	1,76 a	2,28 a
B disponible ppm	1,58 ab	1,36 b	1,82 a	1,60 a	1,21 b	1,72 a	1,66 a	1,20 b	1,64 a
Zn disponible ppm	1,61 b	1,28 b	2,16 a	0,44 b	0,57 b	1,08 a	0,68 b	0,87 a	0,92 a
Mo disponible ppm	0,27 b	0,23 b	0,36 a	0,31 b	0,25 c	0,36 a	0,30 b	0,28 b	0,40 a
Co disponible ppm	0,30 b	0,22 b	0,53 a	0,39 b	0,21 b	0,59 a	0,61 b	0,34 c	0,92 a
Cr disponible ppm	0,58 ab	0,49 b	0,61 a	0,70 a	0,56 b	0,67 ab	0,74 ab	0,67 b	0,81 a
Pb disponible ppm	1,75 ab	1,29 b	2,17 a	1,23 b	0,80 b	1,80 a	1,17 a	0,84 a	1,64 a
Cd disponible ppm	0,20 a	0,18 a	0,22 a	0,13 a	0,14 a	0,19 a	0,13 a	0,12 a	0,17 a

Seuil de probabilité: $P \geq 0.05$.

Les lettres différentes à l'intérieur d'une même couche pour la combinaison couche-cultures, indiquent des valeurs significativement différentes.

En résumé, il y a dégradation de la structure, diminution de la matière organique et, dans les deux premières couches, surfertilisation en K sous monoculture de maïs et de céréales. De plus, les sols sont acidifiés sous monoculture de maïs.

Série MORIN

Quelques caractéristiques des sols MORIN

Texture: sable ou sable loameux

Drainage: très rapidement drainé

Topographie: de plat à pentes très douces

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les sols Morin ont été échantillonnés sur des terrains plats ou à pentes très douces (≤5%). La structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures: diminution significative du pourcentage des gros agrégats et du diamètre moyen des particules (Tableau 1).

TABLEAU 1.: Propriétés physiques des sols MORIN.

Descripteurs	Couche 1				Couche 2			
	Prairie	Maïs	Céréale	Patate	Prairie	Maïs	Céréale	Patate
Années	4	3	8	1	4	3	8	1
Sable (%)	89	86	81	85	94	94	94	90
Limon (%)	8	10	11	12	4	4	2	8
Argile (%)	3	4	8	3	2	2	4	2
K (cm/hre)*	1,76 a	2,35 a	1,28 a	2,69 a	5,14 ab	9,45 a	5,44 ab	2,92 b
Agrégats 8-5mm (%)	60,5 a	16,9 b	27,8 b	23,7 b	-	-	-	-
Agrégats 5-2mm (%)	17,1 a	17,6 a	14,5 a	17,0 a	-	-	-	-
Agrégats 2-1mm (%)	1,9 b	3,3 a	2,9 ab	3,6 a	-	-	-	-
D M P (mm)***	4,60 a	1,76 b	2,37 b	2,19 b	-	-	-	-

* K = Conductivité hydraulique

*** D M P (mm) = Diamètre moyen pondéré des particules

Seuil de probabilité P ≥ 0.05.

Les lettres différentes à l'intérieur d'une même couche pour la combinaison couche-cultures indiquent des valeurs significativement différentes.

Il y a acidification accrue des sols sous monocultures de pommes de terre et de céréales de même que dans la couche 2 des sols sous monocultures de maïs (Tableau 2). Les pH des sols Morin sont moyennement acides sous monoculture de pommes de terre comparativement à neutres ou faiblement acides pour les autres monocultures et les sols sous prairies.

La teneur en matière organique est de niveau moyen dans la couche de surface (Tableau 2) et indépendante des cultures. Cependant, il y a une diminution réelle du contenu en matière organique sous monoculture de pommes de terre comparativement à la prairie (87 t/ha contre 161 t/ha).

Les teneurs en éléments minéraux majeurs et mineurs varient très peu selon les cultures quelque soit la couche considérée (Tableau 2); ces éléments se retrouvent en concentration généralement égale ou inférieure à celles des sols sous prairies et, en aucun cas, ils sont à des doses excessives pour la plante.

TABLEAU 2.: Propriétés chimiques des sols MORIN.

Descripteurs	Couche 1				Couche 2			
	Prairie	Maïs	Céréale	Patate	Prairie	Maïs	Céréale	Patate
Années	4	3	8	1	4	3	8	1
pH	6,5 a	6,4 a	5,9 b	5,7 b	6,7 a	6,3 b	6,2 b	5,8 c
M.O. (%)	4,83 a	4,14 a	3,93 a	3,79 a	1,95 a	1,15 ab	0,88 b	1,26 ab
C/N	17,3 a	17,0 a	16,4 a	17,1 a	18,8 a	16,8 a	15,1 a	15,9 a
Ca éch. (meq/100g)	7,31 a	5,63 a	4,20 ab	2,71 b	6,04 a	1,61 b	1,51 b	0,69 b
Mg éch. (meq/100g)	0,08 c	0,17 b	0,13 bc	0,26 a	0,08 a	0,06 ab	0,04 b	0,05 ab
K éch. (meq/100g)	0,07 c	0,43 a	0,13 bc	0,19 b	0,04 b	0,12 a	0,03 b	0,04 b
CEC (meq/100g)	14,70 a	12,22 a	15,51 a	13,20 a	11,44 a	5,77 b	7,94 ab	6,92 b
Sat. bases (%)	48,5 a	56,4 a	28,8 b	24,0 b	53,2 a	33,2 ab	18,4 bc	12,6 c
P disponible ppm	41,8 b	76,4 a	17,9 b	89,2 a	35,6 a	28,2 a	23,2 a	50,4 a
Fe disponible ppm	73,2 c	92,6 bc	108,3 ab	147,4 a	67,0 a	29,9 b	50,6 ab	47,1 ab
Mn disponible ppm	8,70 a	11,83 a	6,01 a	10,34 a	6,01 a	1,54 b	1,42 b	2,60 ab
Cu disponible ppm	0,51 b	0,58 b	0,70 b	2,32 a	0,51 a	0,22 b	0,47 a	0,44 a
Zn disponible ppm	1,93 b	3,14 ab	3,39 a	4,26 a	1,52 a	0,36 a	0,30 a	0,78 a
Mo disponible ppm	0,84 a	0,66 b	0,93 a	0,89 a	0,84 a	0,71 b	0,91 a	0,94 a

Seuil de probabilité $P \geq 0.05$.

Les lettres différentes à l'intérieur d'une même couche pour la combinaison couche-cultures indiquent des valeurs significativement différentes.

En résumé, la structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monoculture de maïs, de céréales et de pommes de terre; il y a acidification sous ces mêmes monocultures et diminution de la matière organique sous monoculture de pommes de terre.

Quelques caractéristiques des sols SAINT-JUDE

Texture: sable loameux ou sable

Drainage: imparfaitement drainé

Topographie: de plat à pentes très douces

RÉSULTATS DISCUSSION

Les producteurs de pommes de terre étaient des spécialistes qui effectuaient la rotation suivante: une année de pomme de terre suivie d'une année de céréale.

La structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs et de pommes de terre tel qu'indiqué par une diminution significative du nombre des gros agrégats et du diamètre moyen des particules (Tableau 1). La conductivité hydraulique est significativement plus faible sous monoculture de pommes de terre dans les deux couches étudiées.

TABLEAU 1.: Propriétés physiques des sols SAINT-JUDE

Descripteurs	Couche 1			Couche 2		
	Prairie	Maïs	Patate	Prairie	Maïs	Patate
Années	3 - 6	9 - 15	-	3 - 6	9 - 15	-
Sable (%)	86	83	82	89	91	83
Limon (%)	8	10	14	6	5	14
Argile (%)	6	7	4	5	4	3
K (cm/hre)*	1,69 a	3,37 a	0,41 b	3,29 a	4,05 a	1,16 b
Agrég. 8-5mm (%)	46,5 a	23,8 b	23,4 b	-	-	-
Agrég. 5-2mm (%)	16,0 a	19,0 a	19,1 a	-	-	-
Agrég. 2-1mm (%)	2,3 a	3,1 a	2,9 a	-	-	-
D M P (mm)***	3,61 a	2,24 b	2,24 b	-	-	-

* K = Conductivité hydraulique

*** D M P (mm) = Diamètre moyen pondéré des particules

Seuil de probabilité $P \geq 0.05$.

Les lettres différentes à l'intérieur d'une même couche pour la combinaison couche-cultures, indiquent des valeurs significativement différentes

Il y a acidification accrue sous monoculture de pommes de terre (Tableau 2); les pH y sont fortement acides comparativement à faiblement acides sous prairies.

Leur couche de surface est pauvre en matière organique sous prairies, moyenne sous pommes de terre et significativement plus faible sous maïs (très pauvre) (Tableau 2).

La teneur en éléments minéraux majeurs et mineurs est indépendante des cultures pour bon nombre d'éléments et ceux dont la concentration varie de façon significative avec les cultures demeurent à des niveaux utiles pour la plante.

TABLEAU 2.: Propriétés chimiques des sols SAINT-JUDE

Descripteurs	Couche 1			Couche 2		
	Prairie	Maïs	Patate	Prairie	Maïs	Patate
Années	3 - 6	9 - 15	-	3 - 6	9 - 15	-
pH	6,1 a	6,0 a	5,5 b	6,4 a	5,9 a	5,4 b
M.O. (%)	3,27 a	2,02 b	3,81 a	1,66 ab	0,98 b	2,25 a
C/N	18,3 a	15,1 b	18,0 ab	18,5 a	18,9 a	22,5 a
Ca éch. (meq/100g)	3,12 a	3,45 a	2,51 a	1,45 a	1,70 a	1,13 a
Mg éch. (meq/100g)	0,18 b	0,45 ab	0,56 a	0,10 a	0,17 a	0,10 a
K éch. (meq/100g)	0,05 b	0,26 a	0,29 a	0,03 c	0,09 a	0,06 b
CEC (meq/100g)	12,36 b	10,73 b	15,65 a	8,05 b	7,52 b	12,74 a
Sat. bases (%)	30,4 ab	37,7 a	22,1 b	27,7 a	26,2 a	11,9 b
P disponible ppm	41,0 b	102,0 a	113,0 a	23,5 a	15,6 a	14,3 a
Fe disponible ppm	117,5 a	127,5 a	136,8 a	94,1 ab	69,9 b	132,7 a
Mn disponible ppm	3,35 a	4,68 a	4,92 a	2,37 a	0,90 a	0,90 a
Cu disponible ppm	0,73 a	1,10 a	0,73 a	0,47 a	0,45 a	0,33 a
B disponible ppm	0,08 b	0,05 b	0,35 a	0,05 b	0,00 b	0,43 a
Zn disponible ppm	0,89 b	0,88 b	1,39 a	0,22 a	0,22 a	0,23 a

Seuil de probabilité $P \geq 0.05$.

Les lettres différentes à l'intérieur d'une même couche pour la combinaison couche-cultures, indiquent des valeurs significativement différentes

En résumé, la structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monoculture de maïs et de pommes de terre; il y a diminution de la matière organique sous monoculture de maïs et acidification sous monoculture de pommes de terre.

Quelques caractéristiques des sols GREENSBORO

Texture: loam ou loam limoneux

Drainage: bien drainé

Topographie: pentes très douces ou douces

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs et de pommes de terre: diminution significative du nombre des gros agrégats et du diamètre moyen des particules (Tableau 1). La conductivité hydraulique est plus élevée sous monoculture de céréales dans la couche 1.

TABLEAU 1.: Propriétés physiques des sols GREENSBORO

Descripteurs	Couche 1				Couche 2			
	Prairie	Maïs	Céréale	Patate	Prairie	Maïs	Céréale	Patate
Années	5 - 10	2 - 8	3 - 5	2 - 2	5 - 10	2 - 8	3 - 5	2 - 2
Sable (%)	37	43	29	43	38	41	30	40
Limon (%)	52	48	57	46	52	49	57	48
Argile (%)	11	9	14	11	10	10	13	12
K (cm/hre)*	1,43 b	0,99 b	6,85 a	1,49 b	0,96 ab	1,12 a	0,49 b	0,43 b
Agrégats 8-5mm (%)	65,1 a	22,8 b	54,5 a	20,9 b	-	-	-	-
Agrégats 5-2mm (%)	14,0 ab	16,7 ab	13,4 b	19,8 a	-	-	-	-
Agrégats 2-1mm (%)	1,9 b	4,6 a	3,2 ab	4,2 a	-	-	-	-
D M P (mm)***	4,75 a	2,13 b	4,06 a	2,11 b	-	-	-	-

* K = Conductivité hydraulique

*** D M P (mm) = Diamètre moyen pondéré des particules

Seuil de probabilité: $P \geq 0.05$.

Les lettres différentes à l'intérieur d'une même couche pour la combinaison couche-cultures, indiquent des valeurs significativement différentes.

Il y a acidification accrue sous monoculture de pommes de terre dans les couches 1 et 2 (Tableau 2); les pH mesurés varient de très fortement acides à neutres.

Le pourcentage de matière organique dans la couche de surface indique que les sols sont de niveau moyen sous prairies, maïs et céréales, et pauvre sous pommes de terre (Tableau 2). Cependant, il n'y a pas diminution significative dans la teneur en matière organique des sols sous monoculture versus ceux sous prairies (Tableau 2).

La plupart des éléments minéraux majeurs et mineurs dosés se retrouvent à des niveaux utiles à la plante même ceux dont la teneur varie de façon significative selon les cultures (Tableau 2). Cependant, le P et K font exception puisqu'ils atteignent des niveaux excessifs sous monoculture de pommes de terre dans la couche 1 et des niveaux significativement plus élevés sous cette monoculture dans la couche 2. Les teneurs en métaux lourds (Cr, Pb et Cd) sont significativement plus faibles sous monoculture de pommes de terre dans les couches 1 et 2; ce phénomène est relié à un prélèvement, une absorption plus grande de ces éléments par la récolte en milieu acide. Il serait prudent de doser ces derniers dans les tubercules pour en vérifier la qualité.

TABLEAU 2.: Propriétés chimiques des sols GREENSBORO

Descripteurs	Couche 1				Couche 2			
	Prairie	Maïs	Céréale	Patate	Prairie	Maïs	Céréale	Patate
Années	5 - 10	2 - 8	3 - 5	2 - 2	5 - 10	2 - 8	3 - 5	2 - 2
pH	6,5 a	6,3 a	6,1 a	5,0 b	6,3 ab	6,7 a	6,0 b	4,9 c
M.O. (%)	3,81 bc	4,01 b	5,18 a	3,00 c	1,66 a	2,08 a	1,88 a	1,37 a
C/N	13,2 a	11,8 a	14,3 a	11,5 a	11,9 a	11,6 a	11,2 a	9,0 a
Ca éch. (meq/100g)	7,11 a	7,14 a	5,50 a	1,43 b	2,07 b	5,17 a	2,71 b	0,71 c
Mg éch. (meq/100g)	0,26 ab	0,28 ab	0,42 a	0,17 b	0,15 ab	0,16 ab	0,33 a	0,13 b
K éch. (meq/100g)	0,15 b	0,14 b	0,16 b	0,68 a	0,04 b	0,06 b	0,10 b	0,24 a
CEC (meq/100g)	13,78 a	15,20 a	14,26 a	14,77 a	8,07 b	12,31 a	9,28 b	10,30 ab
Sat. bases (%)	56,0 a	50,8 a	44,9 a	15,8 b	36,9 a	46,2 a	39,4 a	12,8 b
P disponible ppm	59,0 bc	81,2 b	45,8 c	201,3 a	25,2 b	19,5 b	19,7 b	51,6 a
Fe disponible ppm	174,0 ab	151,0 b	215,0 a	178,5 ab	152,7 a	113,4 a	156,9 a	100,1 a
Mn disponible ppm	57,96 a	65,28 a	35,31 b	27,96 ab	24,47 a	10,28 a	41,47 a	12,93 a
Cu disponible ppm	2,01 b	2,03 b	3,79 ab	4,62 a	0,77 a	1,08 a	1,13 a	1,31 a
B disponible ppm	0,42 a	0,48 a	0,54 a	0,41 a	0,77 a	0,31 a	0,38 a	0,22 a
Zn disponible ppm	2,17 b	2,53 ab	7,41 a	4,23 a	0,69 b	0,71 b	1,95 a	1,70 a
Mo disponible ppm	0,66 a	0,65 a	0,46 b	0,77 a	0,71 ab	0,74 a	0,43 b	0,71 a
Co disponible ppm	0,42 ab	0,59 a	0,59 a	0,21 b	0,52 ab	0,24 b	0,79 a	0,16 b
Cr disponible ppm	0,38 a	0,34 a	0,34 a	0,11 b	0,71 a	0,47 ab	0,41 b	0,16 c
Pb disponible ppm	2,73 a	2,63 a	2,87 a	0,57 b	1,07 a	1,52 a	1,39 a	0,15 b
Cd disponible ppm	0,22 a	0,22 a	0,22 a	0,14 b	0,17 ab	0,19 a	0,11 bc	0,08 c

Seuil de probabilité $P \geq 0.05$.
Les lettres différentes à l'intérieur d'une même couche pour la combinaison couche-cultures, indiquent des valeurs significativement différentes.

En résumé, il y a dégradation de la structure dans la couche de surface des sols sous monoculture de maïs ou de pommes de terre. Il y a également acidification et surfertilisation en P et K sous monoculture de pommes de terre.

Quelques caractéristiques des sols SHERBROOKE

Texture: loam ou loam limoneux

Drainage: bien drainé

Topographie: de pentes douces à pentes modérées

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les sols Sherbrooke ont été échantillonnés dans des terrains à pentes douces et à pentes modérées. Les champs de pommes de terre avaient une rotation 2:1 c'est-à-dire deux ans de pommes de terre suivi d'un an de millet. Les champs de céréales n'avaient qu'un an et avaient été précédés de monoculture de maïs pendant 3 ou 4 ans. La structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs, de céréales et de pommes de terre: diminution significative du nombre des gros agrégats et du diamètre moyen des particules (Tableau 1). Sous monoculture de céréales, la conductivité hydraulique est plus élevée dans la couche 1 et plus faible dans la couche 2 lorsque comparée à celle sous prairie.

TABLEAU 1 : Propriétés physiques des sols SHERBROOKE

Descripteurs	Couche 1				Couche 2			
	Prairie	Maïs	Céréale	Patate	Prairie	Maïs	Céréale	Patate
Années	5 - 6	6 - 6	1 - 1	2 - 2	5 - 6	6 - 6	1 - 1	2 - 2
Sable (%)	41	43	37	47	41	40	37	44
Limon (%)	49	47	51	45	47	50	51	46
Argile (%)	10	10	12	8	12	10	12	10
K (cm/hre)*	2,61 b	1,66 b	10,7 a	1,62 b	0,86 a	0,43 a	0,25 b	0,52 a
Agrégats 8-5mm (%)	85,1 a	36,9 b	35,7 b	8,6 c	-	-	-	-
Agrégats 5-2mm (%)	7,1 b	20,1 a	19,4 a	15,3 a	-	-	-	-
Agrégats 2-1mm (%)	0,9 b	4,4 a	4,6 a	4,3 a	-	-	-	-
D M P (mm)***	5,75 a	3,17 b	3,07 b	1,16 c	-	-	-	-

* K = Conductivité hydraulique

D M P (mm) = Diamètre moyen pondéré des particules

Seuil de probabilité $P \geq 0.05$.

Les lettres différentes à l'intérieur d'une même couche pour la combinaison couche-cultures, indiquent des valeurs significativement différentes.

Il y a acidification accrue sous monocultures (Tableau 2); les pH varient de fortement acides à neutres selon les cultures et la couche considérée.

La teneur en matière organique dans la couche de surface est de niveau moyen sous prairies et pauvre sous monocultures (Tableau 2); la diminution n'est significative que dans le cas de la monoculture de pommes de terre.

La teneur en éléments minéraux majeurs et mineurs varie de façon significative selon les cultures pour plusieurs éléments (Tableau 2); cependant, la majorité demeurent à des niveaux utiles à la plante. La teneur en K est excessive dans la couche de surface des sols sous monocultures de céréales et montre un enrichissement significatif sous monocultures de maïs et pommes de terre dans cette même couche. La teneur en P montre un enrichissement significatif dans les deux couches sous monocultures de céréales et de pommes de terre.

TABLEAU 2.: Propriétés chimiques des sols SHERBROOKE

Descripteurs	Couche 1				Couche 2			
	Prairie	Maïs	Céréale	Patate	Prairie	Maïs	Céréale	Patate
Années	5 - 6	6 - 6	1 - 1	2 - 2	5 - 6	6 - 6	1 - 1	2 - 2
pH	6,9 a	6,3 b	6,5 b	5,8 c	6.9 a	6,3 b	6,0 b	5,1 c
M.O. (%)	3,80 a	3,11 ab	3,13 ab	2,72 b	1.93 a	1,21 a	1,87 a	1,78 a
C/N	11,8 a	12,0 a	12,3 a	13,7 a	10.1 ab	9.9 b	10.7 ab	12,6 a
Ca éch. (meq/100g)	9,68 a	4,79 c	6,88 b	3,41 a	3.95 a	2.81 ab	2,00 bc	1,40 c
Mg éch. (meq/100g)	0,37 a	0,27 a	0,38 a	0,22 a	0.25 a	0.23 a	0,17 a	0,16 a
K éch. (meq/100g)	0,13 b	0,48 a	0,62 a	0,52 a	0.04 a	0.10 a	0,18 a	0,15 a
CEC (meq/100g)	14,18 a	14,38 a	14,04 a	13,87 a	9.00 a	9.64 a	10.52 a	12,14 a
Sat. bases (%)	11,0 a	39,9 a	55,4 a	29,0 a	58.4 a	42.0 ab	25.9 b	14,4 c
P disponible ppm	14,7 b	84,9 b	151,7 a	147,0 a	17.49 a	13.01 b	34.49 a	51,89 a
Fe disponible ppm	171,8 a	149,8 a	160,0 a	150,8 a	119,6 a	116,5 a	110,9 a	93,38 a
Mn disponible ppm	82,80 a	32,40 a	40,55 a	19,77 a	53,52 a	54,88 a	14,80 ab	11,49 ab
Cu disponible ppm	2,70 ab	2,48 ab	6,31 a	2,91 b	1,58 a	1,07 a	1,29 a	1,07 a
B disponible ppm	0,74 a	0,88 a	0,94 a	1,01 a	0,31 b	0,69 a	0,65 a	0,61 a
Zn disponible ppm	3,79 a	3,99 a	5,92 a	4,52 a	1,32 ab	0,80 b	1,63 a	1,53 a

Seuil de probabilité P ≤ 0.05.
Les lettres différentes à l'intérieur d'une même couche pour la combinaison couche-cultures, indiquent des valeurs significativement différentes.

En résumé, la structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures; ces sols sont acidifiés et il y a diminution de la matière organique sous monoculture de pommes de terre. De plus, il y a surfertilisation en K des sols sous monoculture de céréales

MODIFICATIONS DES PROPRIÉTÉS DES SOLS SELON LES MONOCULTURES

L'analyse statistique des valeurs numériques figurant aux tableaux des propriétés physiques et à ceux des propriétés chimiques a permis de déterminer celles qui sont modifiées de façon significative par la monoculture. Les résultats et conclusions sont résumés aux tableaux 11 ci-après. La nature des phénomènes de dégradation qui en résulte est identifiée aux tableaux 12 plus loin.

Tableau 11.1: Modifications des propriétés des sols du groupe 1 selon les monocultures.

Monoculture en cause / Effets / Séries	Diminution de la conductivité hydraulique	Augmentation de la densité apparente	Diminution de la porosité totale	Diminution de la macroporosité	Diminution des agrégats (6 - 5mm)	Diminution du DMP	Diminution du pH	Diminution de la matière organique	Surfertilisation en P	Surfertilisation en K	Pollution par le Cr	Pollution par le Pb	Pollution par le Cd
Albanel	●		●	●	●	●	●				●				
Alma	●	●			●	●	●	●							
Ange-Gardien	▲					▲	▲		▲	▲					
Anglier argile	●	●	●	●	●	●	●	●				●			●
Apika	● ■	■	● ■	■	■	● ■	● ■	■	● ■	■	■				■
Baby	●	●	●	●		●	●	●	●		●				●
Baby loam limono-argileux	●					●	●				●				
Bearbrook	▲		▲		▲						▲				
Béarn	●		●	●		●	●				●	●	●		●
Béarn loam limono-argileux	●		●	●	●	●	●	●		●	●	●	●		●
Beaudette	▲		▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲				
Bedford	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲		▲				
Berthier	▲ ●					▲ ●	▲ ●	▲	▲ ●						
Boucherville	▲					▲	▲	▲							
Bouchette	●	●	●	●	●			●							
Bourget	■					■	■	■	■						
Brandon	●		●	●	●	●	●				●				
Bullard	▲		▲	▲		▲	▲			▲	▲	▲			

▲ maïs ● céréales ■ pommes de terre ◆ autres

Tableau 11.1: suite

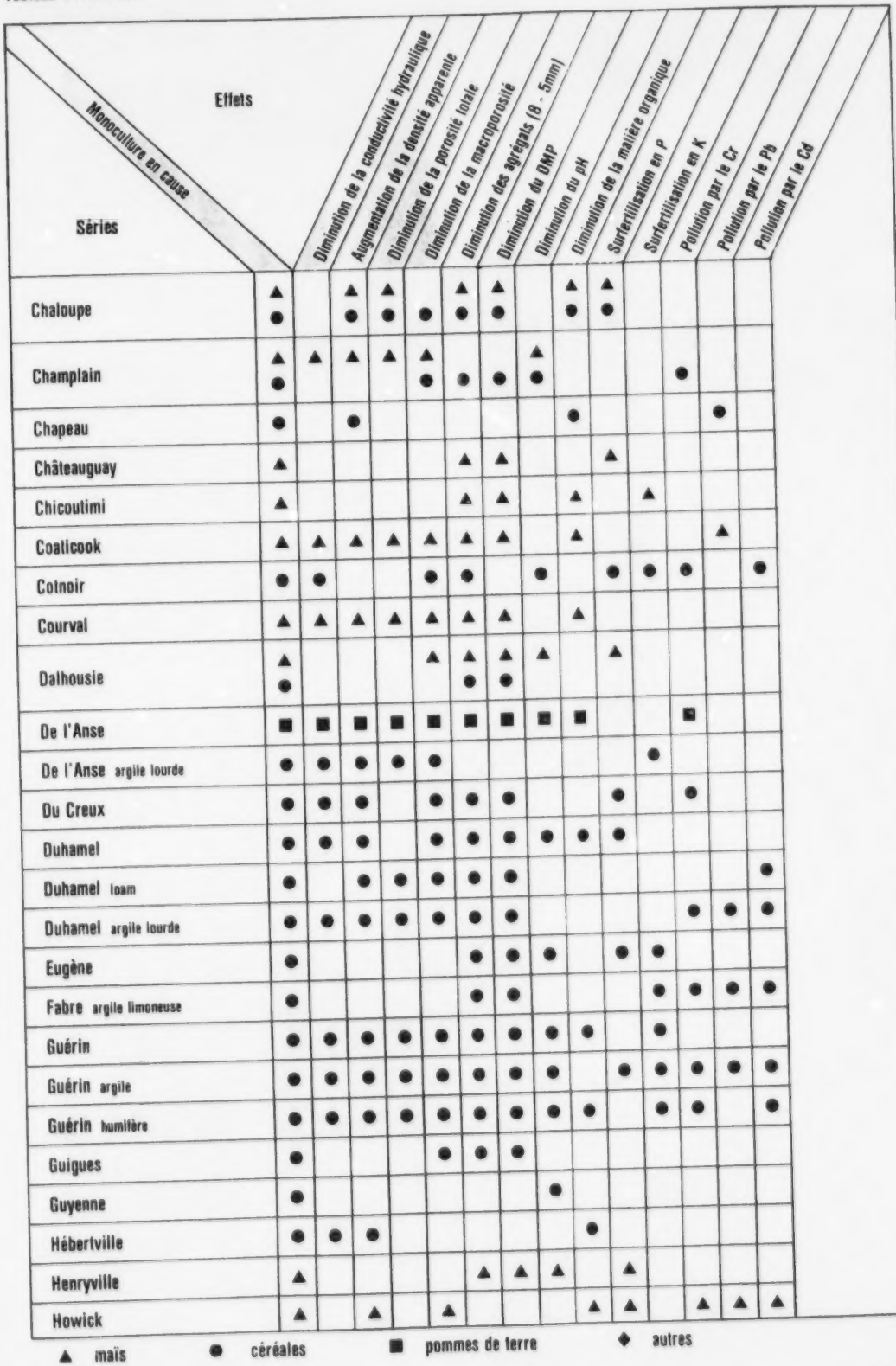


Tableau 11.1: suite

Séries \ Monoculture en cause / Effets		Diminution de la conductivité hydraulique	Augmentation de la densité apparente	Diminution de la porosité totale	Diminution de la macroporosité	Diminution des agrégats (8 - 5mm)	Diminution du DMP	Diminution du pH	Diminution de la matière organique	Surfertilisation en P	Surfertilisation en K	Pollution par le Cr	Pollution par le Pb	Pollution par le Cd
Kamouraska	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲		▲			
Kénogami	▲ ●					▲ ●	▲ ●	▲			▲	▲		▲
Labarre	●	●	●			●	●							
La Malbaie	●					●	●							
Laplaine	▲ ●	▲ ●			▲ ●	▲ ●	▲ ●		▲		▲ ●			
La Pocatière	●	●	●	●	●	●	●				●			
Lévrard	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲					
Loutre	● ■	● ■	■	■	■	■	■	● ■		■	■	●		● ■
Macamic	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●		●
Macamic calcaire	●	●	●	●	●	●	●		●		●			
Melançon	●	●	●	●		●				●	●	●		●
Melbourne	▲	▲	▲	▲		▲	▲		▲		▲			
Milby	● ◆	◆	● ◆	● ◆		● ◆	● ◆	●						
Milby loam	●	●	●	●	●	●	●		●		●			
Montmagny	▲								▲					
Moreau	■		■	■	■	■	■	■						
Napierville	▲					▲	▲	▲	▲				▲	
Nédelec	●		●			●	●			●	●	●		●
Neubois	▲ ●	▲				●	●	●				▲		
Normandin	▲	▲				▲	▲	▲						
Ormstown	▲		▲	▲	▲	▲	▲		▲					
Palmarolle	● ◆	● ◆	● ◆	◆	● ◆	● ◆	◆	●			● ◆	●		
Palmarolle calcaire	●	●	●	●	●	●	●		●		●		●	

▲ maïs ● céréales ■ pommes de terre ◆ autres

Tableau 11.1: suite

Séries / Monoculture en cause		Diminution de la conductivité hydraulique	Augmentation de la densité apparente	Diminution de la porosité totale	Diminution de la macroporosité	Diminution des agrégats (8 - 5mm)	Diminution du DMP	Diminution du pH	Diminution de la matière organique	Surfertilisation en P	Surfertilisation en K	Pollution par le Cr	Pollution par le Pb	Pollution par le Cd
Palmarolle humifère	●	●	●	●	●	●	●				●				
Paquin	●		●	●	●	●	●				●	●		●
Péribonka	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■				
Platon	●	●				●	●	●		●					
Pontiac	▲ ●	●	▲ ●	▲ ●	▲	●	●	▲			▲				
Providence	▲ ●	▲	▲	▲	▲ ●	▲ ●	▲ ●				▲ ●				
Rémigny	●	●	●	●	●	●	●	●			●		●	●	
Rémigny humifère	●					●	●				●	●	●	●	
Rideau	▲ ●	▲				▲	▲		▲	●	▲ ●				
Rideau érodé	▲ ●	▲	▲ ●	▲ ●	▲ ●	▲ ●	▲ ●				▲ ●				
Roquemaure calcaire	●	●	●	●	●				●		●				
Roquemaure organique	●	●	●	●		●	●				●				
Roulier	●		●		●	●	●				●	●		●	
Roulier argile	●		●	●	●	●	●	●							
Sabrevois	▲					▲	▲	▲		▲	▲			▲	
Sabrevois loam	▲	▲			▲	▲	▲		▲						
Saint-Aimé	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲		▲						
Saint-Anicet	▲		▲	▲	▲	▲	▲								
Saint-Benoit	▲ ●	▲ ●				▲ ●	▲ ●	▲							
Saint-Blaise	▲		▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲		▲	
Saint-Hyacinthe	▲ ●			●	●	▲	▲	▲ ●			▲ ●				
Saint-Laurent	▲ ●	▲			▲	▲ ●	▲ ●				▲ ●	▲			

▲ maïs ● céréales ■ pommes de terre ◆ autres

Tableau 11.1: suite

Séries / Monoculture en cause / Effets		Diminution de la conductivité hydraulique	Augmentation de la densité apparente	Diminution de la porosité totale	Diminution de la macroporosité	Diminution des agrégats (8 - 5mm)	Diminution du DMP	Diminution du pH	Diminution de la matière organique	Surfertilisation en P	Surfertilisation en K	Pollution par le Cr	Pollution par le Pb	Pollution par le Cd
Saint-Pascal	♦													
Saint-Raymond	▲	▲				▲	▲				▲			
Saint-Urbain	▲ ●	▲	▲	▲	▲	▲	▲			●	▲ ●			
Saint-Zotique	▲		▲	▲		▲	▲		▲					
Sainte-Barbe	▲			▲		▲	▲							
Sainte-Brigide	▲					▲	▲							
Sainte-Rosalie argile lourde	▲ ●	●			▲ ⊙	▲ ●	▲ ●	▲	▲ ●		▲ ●			
Sainte-Rosalie argile limoneuse	▲					▲	▲	▲			▲			
Sainte-Rosalie loam limono-argileux	▲					▲	▲	▲		▲				
Sainte-Rosalie loam limoneux	▲ ●	▲			▲	▲	▲							
Sheldon loam sableux	▲				▲	▲	▲	▲						
Sheldon loam limoneux	▲		▲	▲		▲	▲	▲		▲				
Shipton	●										●			
Soulanges	▲	▲			▲	▲	▲	▲		▲				
Suffield	▲ ●		●		●	▲ ●	▲ ●	▲		▲	▲			
Taillon	●	●	●		●	●	●	●			●	●	●	
Tilly	●					●	●							
Valin	■	■			■			■		■	■			
Yamaska	▲	▲	▲	▲		▲	▲	▲		▲	▲			

▲ maïs ● céréales ■ pommes de terre ♦ autres

Tableau 11.2: Modifications des propriétés des sols du groupe 2 selon les monocultures.

Séries \ Effets (Monoculture en cause)	Diminution de la conductivité hydraulique	Diminution des agrégats (8 - 5mm)	Diminution du DMP	Diminution du pH	Diminution de la matière organique	Surfertilisation en P	Surfertilisation en K	Pollution par le Cr	Pollution par le Pb	Pollution par le Cd
Achigan	▲ ●	▲	▲	▲						
Achigan fin	▲ ●	●			▲ ●			▲		
Argentenay	▲ ●	▲	▲ ●	▲ ●	▲ ●	▲				
Aston	▲	▲	▲	▲		▲				
Baie des Sables	■		■	■	■	■				
Batiscan	▲ ●	▲	▲	▲		●		▲		
Beaurivage	▲ ● ■		●	●	■	■				
Botreaux	▲		▲	▲		▲				
Colton	▲ ■	▲ ■			■	■	■			
Coteau	▲		▲	▲						
Danby	▲ ■	▲	■	■	■	■		■		
Desbiens	▲ ■				■	■	■			
Des Orignaux	▲		▲	▲						
Des Saults	▲	▲	▲	▲						
Dolbeau	● ■		●	●	■					
Dujour	▲	▲	▲	▲		▲				
Dupas	▲		▲	▲	▲					
Fleury	▲									
Fourchette	▲ ●		▲ ●	▲	▲		▲ ●			
Hilarion	●				●					

▲ maïs ● céréales ■ pommes de terre ◆ autres

Tableau 11.2: suite

Séries \ Effets / Monoculture en cause		Diminution de la conductivité hydraulique	Diminution des agrégats (8 - 5mm)	Diminution de DMP	Diminution du pH	Diminution de la matière organique	Surfertilisation en P	Surfertilisation en K	Pollution par le Cr	Pollution par le Pb	Pollution par le Cd
Honfleur	● ■		● ■	● ■	● ■						
Irénée	●				●	●					
Ivry	▲ ●		▲ ●	▲ ●					●		
Joliette	▲ ● ■		▲ ■	▲ ■	■						
Joseph	▲		▲	▲							
Knowlton	▲				▲						
Lanoraie	▲ ■ ◆	◆	◆	◆		■ ◆	■ ◆		■	◆	
Lapointe	■		■	■	■	■					
Massueville	▲				▲						
Mitis	■		■	■	■						
Morin	▲ ● ■	■	▲ ● ■	▲ ● ■	▲ ● ■	■					
Neigette	●	●	●	●	●						
New Carlisle	■	■	■	■	■	■					
Orléans	● ■ ◆		● ■ ◆	● ■ ◆	● ■ ◆		● ■ ◆	● ■	● ■ ◆		● ■ ◆
Pabos	■	■	■	■	■					■	
Pelletier	▲ ●	▲	▲ ●	▲ ●	●						▲
Piedmont	▲	▲	▲	▲	▲						
Pierreville	▲ ■	■	■	■		■					

▲ maïs ● céréales ■ pommes de terre ◆ autres

Tableau 11.2: suite

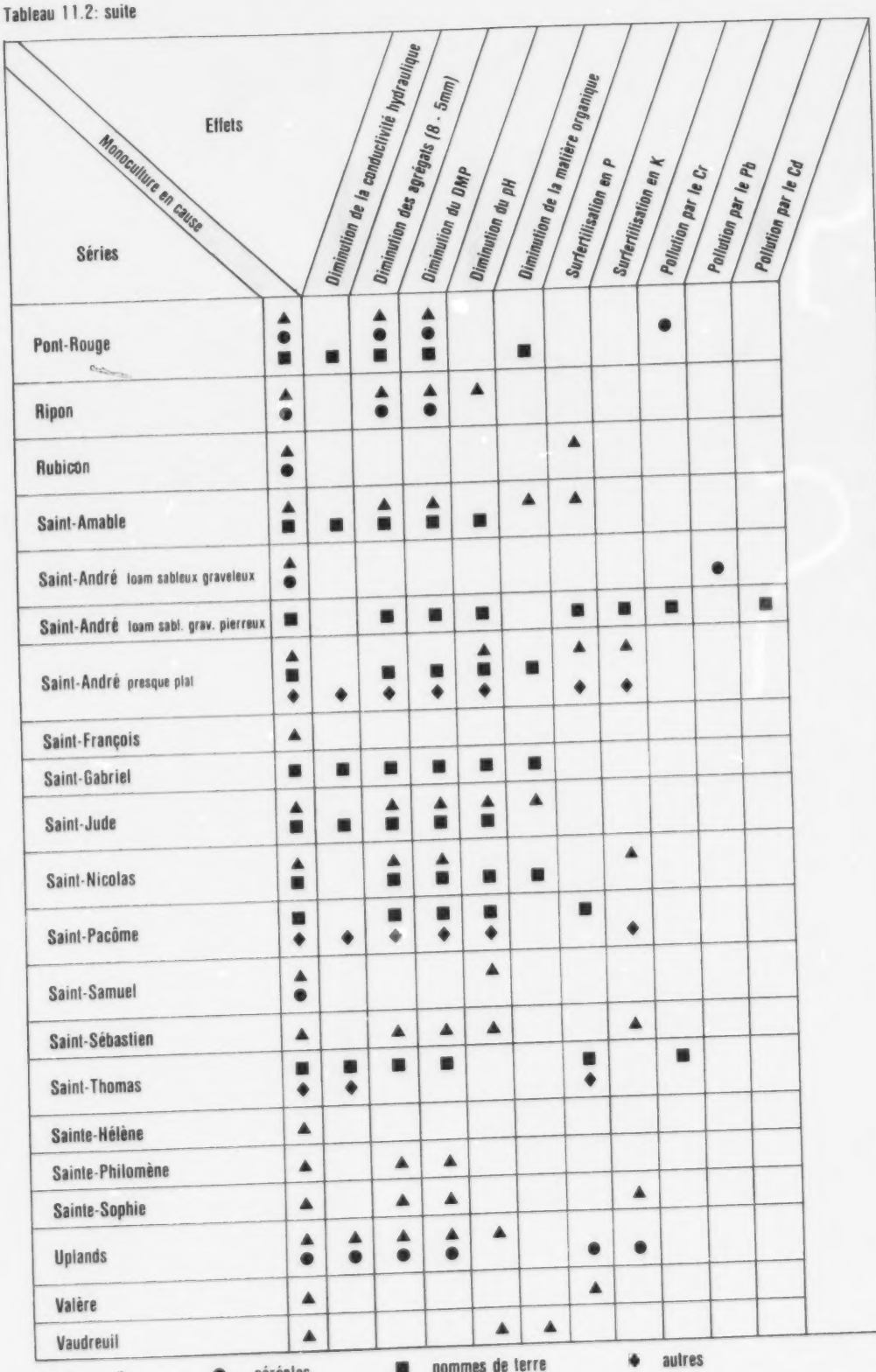


Tableau 11.3 : Modifications des propriétés des sols du groupe 3 selon les monocultures.

Séries \ Effets (Monoculture en cause)		Diminution de la conductivité hydraulique	Diminution des agrégats (8 - 5mm)	Diminution du DMP	Diminution du pH	Diminution de la matière organique	Surfertilisation en P	Surfertilisation en K	Pollution par le Cr	Pollution par le Pb	Pollution par le Cd
Ascot	▲ ●		▲ ●	▲ ●	▲				●	●	
Brompton	▲										
Calais	●										
Dessaint	▲										
Dorval	▲		▲	▲	▲						
Dufferin	▲ ■	▲ ■			■	▲ ■	■				
Greensboro	▲ ● ■	▲ ● ■	▲ ■	▲ ■	■		■	■			
Magog	▲ ■	■	▲ ■	▲ ■							▲
Mawcook	▲ ●	●	▲ ●	▲ ●					▲ ●		
Orford	▲		▲	▲							
Raimbault	▲		▲	▲	▲	▲					
Racine	▲ ●				▲						
Rivière-du-Loup	▲	▲						▲			
Roxton	▲				▲	▲					
Saint-Bernard	▲ ◆		▲ ◆	▲ ◆			◆	▲ ◆			
Sainte-Marie pentes très douces	▲	▲	▲	▲							
Sainte-Marie pentes douces	▲ ●		▲ ●	▲ ●							
Savoie	▲										
Shefford	▲	▲	▲	▲							

▲ maïs ● céréales ■ pommes de terre ◆ autres

Tableau 11.3: suite

Séries \ Effets	Monoculture en cause	Diminution de la conductivité hydraulique	Diminution des agrégats (8 - 5mm)	Diminution du DMP	Diminution du pH	Diminution de la matière organique	Surfertilisation en P	Surfertilisation en K	Pollution par le Cr	Pollution par le Pb	Pollution par le Cd
Sherbrooke	▲ ● ■	●	▲ ● ■	▲ ● ■	▲ ● ■	■		■			
Tremblay	●										
Woodbridge pentes très douces à modérées	▲		▲	▲							
Woodbridge pentes très douces ou douces	▲ ●	▲ ●	●	●	●				▲	▲	

▲ maïs ● céréales ■ pommes de terre ◆ autres

Les modifications des propriétés varient en importance, nature et nombre selon les sols et les monocultures. Leur fréquence varie selon les propriétés observées. Compte tenu du nombre de déterminations, celles le plus souvent modifiées sous monoculture sont par ordre d'importance décroissant: la grosseur des agrégats, le diamètre moyen des particules (DMP), la macroporosité, la densité, la conductivité hydraulique, le pH et la teneur en matière organique. Notamment, on observe la détérioration de la qualité de la structure, la baisse de pH, de la teneur en matière organique et de la porosité plus souvent sous maïs que sous céréales. Les cas de surfertilisation au potassium ou au phosphore sont également plus fréquents sous maïs que sous céréales. Par contre, la monoculture de pommes de terre sur les sols légers sableux est plus agressive que le maïs et les céréales quant aux facteurs considérés. De plus, les cas de surfertilisation y sont très fréquents. Peu importe le groupe textural auquel ils appartiennent, la plupart des sols sont marqués de dégradation d'une façon ou d'une autre par les monocultures. Ce qui ne signifie pas pour autant qu'ils doivent être retirés de l'agriculture à brève échéance puisque, dans bien des cas, il s'agit de problèmes qu'on peut qualifier de mineurs, qui peuvent être solutionnés par des mesures simples, économiques et faciles d'application selon que les phénomènes sont attribuables aux façons culturales, à la gestion et à la nature des sols.

PHÉNOMÈNES OBSERVÉS

NATURE DES PHÉNOMÈNES

Aux changements de propriétés correspond un phénomène de dégradation des sols. Ainsi, la diminution du diamètre moyen des particules et des gros agrégats est un signe de détérioration de la structure; l'augmentation de la densité apparente, souvent accompagnée de la diminution de la porosité et de la conductivité hydraulique, révèle le compactage; une baisse du pH sur deux couches successives du sol, dont une significativement différente, indique l'acidification: une différence significative à la baisse de la teneur en matière organique tenant compte de sa concentration et de l'épaisseur du labour signifie une diminution de cette dernière et la concentration excessive, i.e. plus de 500 kg ha^{-1}, (sauf pour les sols lourds), de phosphore ou de potassium dans les couches supérieures ou un enrichissement significatif de la couche inférieure du sol (40-60 cm) est signe de surfertilisation tandis qu'un accroissement significatif de la teneur en chrome, en plomb ou en cadmium dans deux couches successives de sols est identifié à la pollution par les métaux lourds.

Dans le cas des monocultures, il est recommandé de réduire le travail du sol en diminuant la profondeur du labour, si ce n'est en l'éliminant complètement, de façon à concentrer la matière organique dans les premiers centimètres et de laisser des résidus de culture en surface dans le but d'améliorer la structure et de freiner l'érosion. Quant aux sols sujets au compactage, il y a lieu d'éviter de trop y circuler avec de lourdes charges. De plus, l'incorporation des prairies en rotation des cultures est reconnue comme l'un des moyens le plus efficace contre la dégradation des sols sous toutes ses formes. Le choix des moyens est laissé aux praticiens et aux conseillers agricoles soucieux de la rentabilité de l'agriculture et de la conservation des ressources.

Tableau 12.1 : Nature de la dégradation des sols du groupe 1 et recommandations.

Séries	Formes de dégradation						Recommandations						
	Compactage	Détérioration de la structure	Acidification	Diminution de la matière organique	Surfertilisation (P et/ou K)	Pollution (Cr et/ou Pb et/ou Cd)	Travail réduit du sol	Limite de la charge et de la circulation	Profondeur des labours et préservation de la couche arable	Rotation des cultures	Gestion de la matière organique	Chaulage	Utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides
Albanel	★	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Alma		★	★				♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Ange-Gardien		★		★	★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Anglier argile	★	★	★			★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Apika	★	★	★		★		♣		♣	♣	♣	♣	♣
Baby		★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Baby loam limon-argileux		★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Bearbrook	★				★		♣	♣		♣			♣
Béarn	★	★			★	★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Béarn loam limono-argileux	★	★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Beaudette		★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣

Tableau 12.1 : suite

Séries	Formes de dégradation						Recommandations						
	Compactage	Détérioration de la structure	Acidification	Diminution de la matière organique	Surfertilisation (P et/ou K)	Pollution (Cr et/ou Pb et/ou Cd)	Travail réduit du sol	Limite de la charge et de la circulation	Profondeur des labours et préservation de la couche arable	Rotation des cultures	Gestion de la matière organique	Chaulage	Utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides
Bedford	★	★	★	★	★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Berthier		★	★	★			♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Boucherville		★	★				♣	♣	♣	♣	♣		♣
Bouchette	★		★				♣	♣		♣		♣	♣
Bourget		★	★	★			♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Brandon	★	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Bullard	★	★			★	★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Chaloupe	★	★		★	★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Champlain	★	★	★			★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Chapeau	★			★		★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Châteauguay		★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Chicoutimi		★		★	★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Coaticook	★	★		★		★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Cotnoir			★		★	★						♣	♣
Courval	★	★		★			♣	♣	♣	♣	♣		
Dalhousie		★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
De l'Anse	★	★	★	★		★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
De l'Anse argile lourde	★				★		♣	♣		♣			♣
Du Creux	★	★			★	★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Duhamel	★	★	★	★	★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Duhamel loam	★	★				★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Duhamel argile lourde		★				★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Eugène		★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Fabre argile limoneuse		★			★	★	♣	♣	♣	♣	♣		♣

Tableau 12.1 : suite

Séries	Formes de dégradation						Recommandations						
	Compactage	Détérioration de la structure	Acidification	Diminution de la matière organique	Surfertilisation (P et/ou K)	Pollution (Cr et/ou Pb et/ou Cd)	Travail réduit du sol	Limite de la charge et de la circulation	Profondeur des labours et préservation de la couche arable	Rotation des cultures	Gestion de la matière organique	Chaulage	Utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides
Guérin	★	★	★	★	★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Guérin argile	★	★	★		★	★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Guérin humifère	★	★	★	★	★	★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Guigues		★					♣	♣	♣	♣	♣		
Guyenne			★									♣	♣
Hébertville	★			★			♣	♣	♣	♣	♣	♣	
Henryville		★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Howick	★			★	★	★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Kamouraska	★	★	★	★	★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Kénogami		★	★		★	★	♣		♣	♣	♣	♣	♣
Labarre		★					♣	♣	♣	♣	♣		
La Malbaie		★					♣	♣	♣	♣	♣		
Laplaine		★		★	★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
La Pocatière	★	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Lévrard	★	★	★	★			♣	♣	♣	♣	♣		♣
Loutre	★	★	★		★	★	♣		♣	♣	♣	♣	♣
Macamic	★	★		★	★	★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Macamic calcaire	★	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Melançon	★				★		♣	♣		♣			♣
Melbourne	★	★		★	★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Milby	★	★	★				♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Milby loam	★	★		★	★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Montmagny				★					♣	♣	♣		

Tableau 12.1 : suite

Séries	Formes de dégradation						Recommandations						
	Compactage	Détérioration de la structure	Acidification	Diminution de la matière organique	Surfertilisation (P et/ou K)	Pollution (Cr et/ou Pb et/ou Cd)	Travail réduit du sol	Limite de la charge et de la circulation	Profondeur des labours et préservation de la couche arable	Rotation des cultures	Gestion de la matière organique	Chaulage	Utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides
Moreau	★	★	★				♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Napierville		★	★	★		★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Nédelec	★	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Neubois		★	★			★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Normandin		★	★				♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Ormstown	★	★		★			♣	♣	♣	♣	♣		
Palmarolle	★	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Palmarolle calcaire	★	★		★	★	★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Palmarolle humifère	★	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Paquin	★	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Péribonka	★	★	★	★	★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Platon		★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Pontiac	★	★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Providence	★	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Rémigny	★	★	★		★	★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Rémigny humifère		★			★	★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Rideau		★		★	★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Rideau érodé	★	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Roquemaure calcaire	★				★		♣	♣		♣			♣
Roquemaure organique	★	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Roulier	★	★			★	★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Roulier argile	★	★	★				♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Sabrevois		★	★		★	★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Sabrevois loam		★		★			♣	♣	♣	♣	♣		

Tableau 12.1 : suite

Séries	Formes de dégradation						Recommandations						
	Compactage	Détérioration de la structure	Acidification	Diminution de la matière organique	Surfertilisation (P et/ou K)	Pollution (Cr et/ou Pb et/ou Cd)	Travail réduit du sol	Limite de la charge et de la circulation	Profondeur des labours et préservation de la couche arable	Rotation des cultures	Gestion de la matière organique	Chaulage	Utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides
Saint-Aimé		★		★			♣	♣	♣	♣	♣		
Saint-Anicet	★	★					♣	♣	♣	♣	♣		
Saint-Benoit		★	★				♣	♣	♣	♣	♣	♣	
Saint-Blaise	★	★			★	★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Saint-Hyacinthe		★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Saint-Laurent		★			★	★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Saint-Pascal													
Saint-Raymond		★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Saint-Urbain	★	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Saint-Zotique	★	★		★			♣	♣	♣	♣	♣		
Sainte-Barbe		★					♣	♣	♣	♣	♣		
Sainte-Brigide		★					♣	♣	♣	♣	♣		
Sainte-Rosalie argile lourde		★	★	★	★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Sainte-Rosalie argile limoneuse		★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Sainte-Rosalie loam limono-argileux		★	★				♣	♣	♣	♣	♣		♣
Sainte-Rosalie loam limoneux		★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Sheldon loam sableux		★	★				♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Sheldon loam limoneux		★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Shipton					★								♣
Soulanges		★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Suffield	★	★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Taillon	★	★	★		★	★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Tilly		★					♣	♣	♣	♣	♣		
Valin			★		★							♣	♣
Yamaska	★	★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣

Tableau 12.2 : Nature de la dégradation des sols du groupe 2 et recommandations.

Séries	Formes de dégradation					Recommandations						
	Détérioration de la structure	Acidification	Diminution de la matière organique	Surfertilisation (P et/ou K)	Pollution (Cr et/ou Pb et/ou Cd)	Travail réduit du sol	Limite de la charge et de la circulation	Profondeur des labours et préservation de la couche arable	Rotation des cultures	Gestion de la matière organique	Chaulage	Utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides
Achigan	★					♣		♣	♣	♣		
Achigan fin		★			★						♣	♣
Argentenay	★	★	★			♣		♣	♣	♣	♣	♣
Aston	★		★			♣		♣	♣	♣		
Baie des Sables	★	★	★			♣		♣	♣	♣	♣	♣
Batiscan	★		★	★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Beaurivage	★	★	★			♣		♣	♣	♣	♣	♣
Botreaux	★		★			♣	♣	♣	♣	♣		
Colton		★	★	★				♣	♣	♣	♣	♣
Coteau	★					♣		♣	♣	♣		
Danby	★	★	★	★		♣		♣	♣	♣	♣	♣
Desbiens		★	★	★				♣	♣	♣	♣	♣
Des Orignaux	★					♣	♣	♣	♣	♣		
Des Saults	★					♣	♣	♣	♣	♣		
Dolbeau	★	★				♣		♣	♣	♣	♣	♣
Dujour	★		★			♣	♣	♣	♣	♣		
Dupas	★	★				♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Fleury							♣					
Fourchette	★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Hilarion		★									♣	♣
Honfleur	★	★				♣		♣	♣	♣	♣	♣
Irénée		★	★					♣	♣	♣	♣	♣
Ivry	★				★	♣		♣	♣	♣		♣
Joliette	★	★				♣		♣	♣	♣	♣	♣

Tableau 12.2 : suite

Séries	Formes de dégradation					Recommandations						
	Détérioration de la structure	Acidification	Diminution de la matière organique	Surfertilisation (P et/ou K)	Pollution (Cr et/ou Pb et/ou Cd)	Travail réduit du sol	Limite de la charge et de la circulation	Profondeur des labours et préservation de la couche arable	Rotation des cultures	Gestion de la matière organique	Chaulage	Utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides
Joseph	★					♣		♣	♣	♣		
Knowlton		★									♣	♣
Lanoraie	★		★	★	★	♣		♣	♣	♣		♣
Lapointe	★	★	★			♣		♣	♣	♣	♣	♣
Massueville		★									♣	♣
Mitis	★	★				♣		♣	♣	♣	♣	♣
Morin	★	★	★			♣		♣	♣	♣		♣
Neigette	★	★				♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
New Carlisle	★	★				♣		♣	♣	♣	♣	♣
Orléans	★	★		★	★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Pabos	★	★			★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Pelletier	★	★			★	♣		♣	♣	♣	♣	♣
Piedmont	★	★				♣		♣	♣	♣	♣	♣
Pierreville	★		★			♣		♣	♣	♣		
Pont-Rouge	★		★		★	♣		♣	♣	♣		♣
Ripon	★	★				♣		♣	♣	♣	♣	♣
Rubicon				★								♣
Saint-Amable	★	★	★	★		♣		♣	♣	♣	♣	♣
Saint-André loam sableux graveleux					★							♣
Saint-André loam sabl. grsvel. pier.	★	★		★	★	♣		♣	♣	♣	♣	♣
Saint-André presque plat	★	★	★	★		♣		♣	♣	♣	♣	♣
Saint-François												
Saint-Gabriel	★	★	★			♣		♣	♣	♣	♣	♣
Saint-Jude	★	★	★			♣		♣	♣	♣	♣	♣

Tableau 12.2 : suite

Séries	Formes de dégradation					Recommandations						
	Détérioration de la structure	Acidification	Diminution de la matière organique	Surfertilisation (P et/ou K)	Pollution (Cr et/ou Pb et/ou Cd)	Travail réduit du sol	Limite de la charge et de la circulation	Profondeur des labours et préservation de la couche arable	Rotation des cultures	Gestion de la matière organique	Chaulage	Utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides
Saint-Nicolas	★	★	★	★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Saint-Pancôme	★	★		★		♣		♣	♣	♣	♣	♣
Saint-Samuel		★									♣	♣
Saint-Sébastien	★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Saint-Thomas	★			★	★	♣		♣	♣	♣		♣
Sainte-Hélène												
Sainte-Philomène	★					♣		♣	♣	♣		
Sainte-Sophie	★			★		♣		♣	♣	♣		♣
Uplands	★	★		★		♣		♣	♣	♣	♣	♣
Valère				★								♣
Vaudreuil		★	★					♣	♣	♣	♣	♣

Tableau 12.3 : Nature de la dégradation des sols du groupe 3 et recommandations.

Séries	Formes de dégradation					Recommandations						
	Détérioration de la structure	Acidification	Diminution de la matière organique	Surfertilisation (P et/ou K)	Pollution (Cr et/ou Pb et/ou Cd)	Travail réduit du sol	Limite de la charge et de la circulation	Profondeur des labours et préservation de la couche arable	Rotation des cultures	Gestion de la matière organique	Chaulage	Utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides
Ascot	★	★			★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Brompton												
Calais												
Dessaint												
Dorval	★	★				♣	♣	♣	♣	♣		♣
Dufferin		★	★	★				♣	♣	♣	♣	♣
Greensboro	★	★		★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Magog	★				★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Mawcook	★				★	♣	♣	♣	♣	♣		♣
Orford	★					♣	♣	♣	♣	♣		
Raimbault	★	★	★			♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Racine		★									♣	♣
Rivière-du-Loup				★								♣
Roxton		★	★	★				♣	♣	♣	♣	♣
Saint-Bernard	★			★		♣	♣	♣	♣	♣		♣
Sainte-Marie pentes très douces	★					♣	♣	♣	♣	♣		
Sainte-Marie pentes douces	★					♣	♣	♣	♣	♣		
Savoie												
Shefford	★					♣	♣	♣	♣	♣		
Sherbrooke	★	★	★	★		♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣
Tremblay												
Woodbridge pentes très douces à modérées	★					♣	♣	♣	♣	♣		
Woodbridge pentes très douces ou douces	★	★			★	♣	♣	♣	♣	♣	♣	♣

ENVERGURE DES PHÉNOMÈNES

Les phénomènes de dégradation des sols tels le compactage, la détérioration de la structure, l'acidification, la diminution de la matière organique, la surfertilisation et la pollution par les métaux lourds sont identifiés, déterminés par les données de laboratoire. Quant à l'érosion hydrique, conformément aux résultats d'expériences résumés précédemment, elle est considérée réelle et active sur les sols en pente, peu perméables et en monoculture de plantes annuelles. L'érosion éolienne est déclarée active dans des conditions de cultures identiques mais en sols légers sablonneux fins à drainage rapide.

Il importe de rappeler que toute la démarche repose sur les séries de sols. Leur superficie défrichée a donc été mesurée par planimétrie série par série, sans égard à la définition de la ferme au recensement. Il en résulte qu'elle excède celle améliorée des fermes du recensement. Étant donné le manque de concordance entre les deux, elles ont été pondérées pour équivaloir à celle des fermes moins le boisé. La superficie des cultures a ensuite été répartie au prorata des séries.

L'envergure ou l'étendue des phénomènes se mesure à partir des superficies en monoculture de chacune des séries de sols dégradée en allouant, au prorata des séries, les superficies données par culture au recensement. Et ce, pour l'ensemble des séries, en autant que les cultures se pratiquent sans égard au type de sols. C'est le cas du maïs et des céréales, se trouvant indifféremment sur sols légers et sur sols lourds, contrairement à d'autres cultures telles les pommes de terre et le tabac, pratiquées surtout sur sols légers. Dans ce cas, l'envergure est déterminée en attribuant toute la superficie recensée aux seules séries de sols où elles ont été observées.

Quant aux céréales, vu que le recensement ne fait pas de distinction entre celles en continu et celles en rotation, donc grainées, le partage est fait en allouant à ces dernières un hectare par 4 hectares de foin en prenant en compte les céréales fourragères pour ainsi estimer la superficie des céréales en continu.

En lisant en parallèle la figure 1, présentée plus haut, le tableau 13 et la figure 7, on constate que l'envergure des phénomènes est proportionnelle aux superficies en monoculture qui diffèrent selon les régions telles qu'illustrées à la figure 8.

Tableau 13. Envergure des phénomènes de dégradation des sols minéraux par la monoculture
(superficies en hectares)

Région	Superficie en monocul.	Détérioration de la structure	Diminution de la mat. org.	Compactage	Acidification	Surfertilisation	Pollution	Érosion hydrique	Érosion éolienne
1	18 670	18 320	1 525	7 900	5 780	9 480	4 570	2 060	935
2	22 030	17 550	5 660	4 000	10 900	9 760	4 090	6 460	1 540
3	4 320	2 925	770	250	1 265	1 440	540	250	0
4	59 100	53 540	33 310	11 240	22 510	23 825	6 560	2 550	2 460
5	16 010	12 220	2 650	1 070	4 900	2 540	2 380	6 530	425
6	153 200	141 300	100 020	27 060	73 400	114 410	2 270	3 840	2 010
7	102 420	96 000	65 280	28 140	42 590	84 655	15 600	6 960	4 655
8	10 530	8 400	1 920	2 400	6 850	5 035	600	2 250	1 600
9	2 300	2 000	260	1 700	1 240	1 700	1 040	600	150
10	65 000	52 300	31 700	7 930	19 600	43 840	5 630	9 300	11 350
11	17 800	14 850	6 000	5 160	8 740	8 175	1 940	3 740	3 200
12	14 410	9 150	2 970	3 950	9 580	3 330	2 675	1 380	300
Total	485 790	428 555	252 065	100 800	207 335	308 190	48 395	45 920	28 625

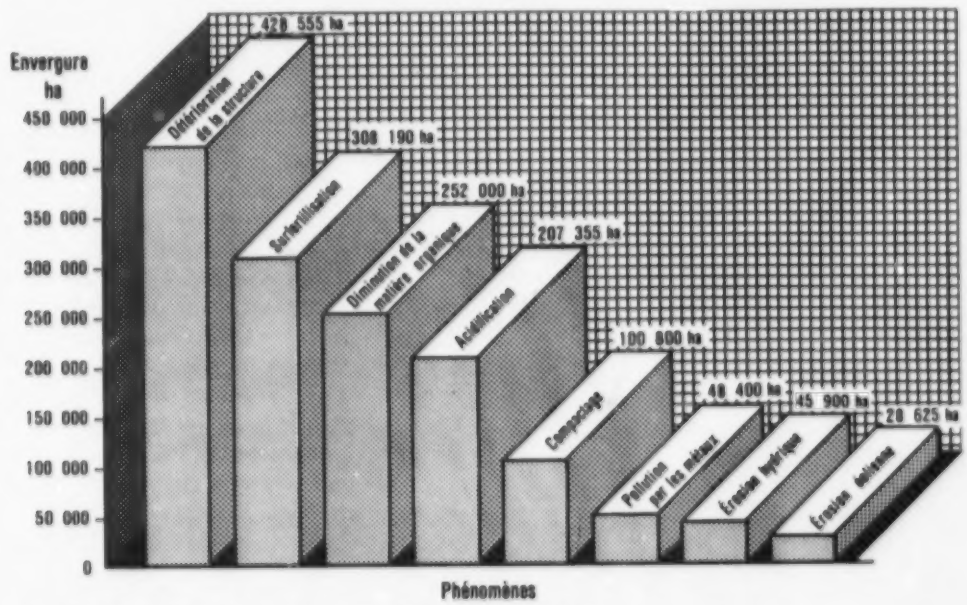


Figure 7: Envergure des phénomènes de dégradation des sols du Québec

Sans compter les terres noires, la superficie calculée est de 485 790 hectares en monoculture continue pour tout le Québec: 428 555 montrent une détérioration de la structure; 252 065 une diminution de la matière organique; 100 800 du compactage; 207 335 de l'acidification; 308 190 de la surfertilisation; 48 395 de la pollution par les métaux; 45 920 de l'érosion hydrique et 28 625 de l'érosion éolienne. Il ressort que l'étendue des phénomènes de dégradation est fonction de la superficie en monoculture: plus il y a de monoculture dans une région plus il y a de dégradation.

Les phénomènes n'ont cependant pas tous la même envergure et les histogrammes qui suivent montrent leur importance relative pour l'ensemble du Québec (figure 7) et par régions agricoles (figure 8).

Le tableau 13 et les figures 7 et 8 illustrent les résultats de l'inventaire visant à évaluer l'état des sols cultivés, à identifier les phénomènes de dégradation affectant leur qualité et à déterminer leur envergure en territoire agricole québécois.

Il importe de rappeler que les phénomènes ont été identifiés sur la base des critères retenus, des normes d'évaluation définies précédemment et suite aux mesures réalisées au champ et au laboratoire: le pourcentage des agrégats supérieurs à 5 mm après barattage et le diamètre moyen des particules sont des indices pour déterminer la détérioration de la structure; la concentration du P et du K, supérieure à 500 kg ha^{-1}, dans les 40 premiers cm, sauf pour les sols lourds, et un enrichissement significatif de ces éléments dans la couche inférieure (40-60 cm) est signe de surfertilisation; une baisse significative du pourcentage de matière organique, compte tenu de l'épaisseur de la couche cultivée, est signe de diminution de la matière organique, une baisse du pH sur deux couches successives de sol dont l'une significativement inférieure par rapport au sol témoin est signe d'acidification; une augmentation significative de la densité apparente est signe de compactage et un accroissement significatif de la teneur en Cr, en Pb ou en Cd échangeables sur au moins deux couches successives de sol est signe de pollution par les métaux lourds. L'érosion est estimée de résultats d'expériences menées sous diverses conditions de sols et de cultures.

La gravité des phénomènes n'est pas directement proportionnelle à leur envergure. Par exemple, la détérioration de la structure ne saurait être considérée comme étant le problème le plus grave malgré son envergure. Elle est tout de même signe précurseur d'autres phénomènes de dégradation tels le compactage et l'érosion.

L'inventaire a donc permis de constater que la pratique en continu de monoculture de plantes annuelles selon la régie actuelle impose des contraintes au sol occasionnant:

La détérioration de la qualité de la structure de près de 90 pour cent de la superficie sous monoculture résultant de la fréquence du travail du sol et de la diminution de la matière organique.

La surfertilisation en P et ou en K échangeables

de plus de 60 pour cent de la superficie sous monoculture. Qu'elle soit due à des apports excessifs de lisiers, de fumiers ou d'engrais chimiques, elle est non-justifiée et considérée comme un risque inutile pour la qualité de l'eau et de l'environnement. Ces éléments de diverses sources atteignent en effet les cours d'eau par écoulement souterrain ou par ruissellement et, dans certains cas, par érosion du sol de surface. Les quantités entraînées sont fortement dépendantes à la fois des volumes d'eau en cause (ruissellement ou percolation) et de la concentration des éléments alors en surface ou dans le sol;

La diminution de la teneur en matière organique de plus de 50 pour cent des sols sous monoculture, davantage marquée sous cultures de pommes de terre et de maïs que sous céréales en dépit que les résidus de récolte soient retournées au sol dans le cas du maïs-grain;

L'acidification qui se manifeste sur plus de 50 pour cent des sols sous monoculture, sauf ceux sous pommes de terre, ils n'atteignent pas dans l'ensemble des niveaux inquiétants. Mais il faut être vigilant et de plus en plus attentif aux besoins d'amendements d'autant plus que les fertilisants ont un effet important dans ce cas-ci.

Le compactage affectant plus de 20 pour cent des sols en monoculture. Ce phénomène n'a pas été étudié pour les sols sableux de texture grossière (groupe 2 et 3) parce qu'il n'est pas considéré comme un facteur limitatif pour la production dans ces cas-ci;

La pollution par les métaux lourds de 10 pour cent de la superficie en monoculture. L'idée d'utiliser la norme teneur en Cr, en Pb ou en Cd échangeables sur au moins deux couches successives de sol est de dépister et de localiser les sites et les endroits où il y a augmentation de la teneur de ces éléments pour en rechercher les causes et les éliminer;

L'érosion hydrique sur 10 pour cent et **l'érosion éolienne** sur 6 pour cent des superficies en monoculture. Bien que l'érosion ne soit pas le phénomène qui a le plus d'envergure, il est certainement celui qui est le plus spectaculaire.

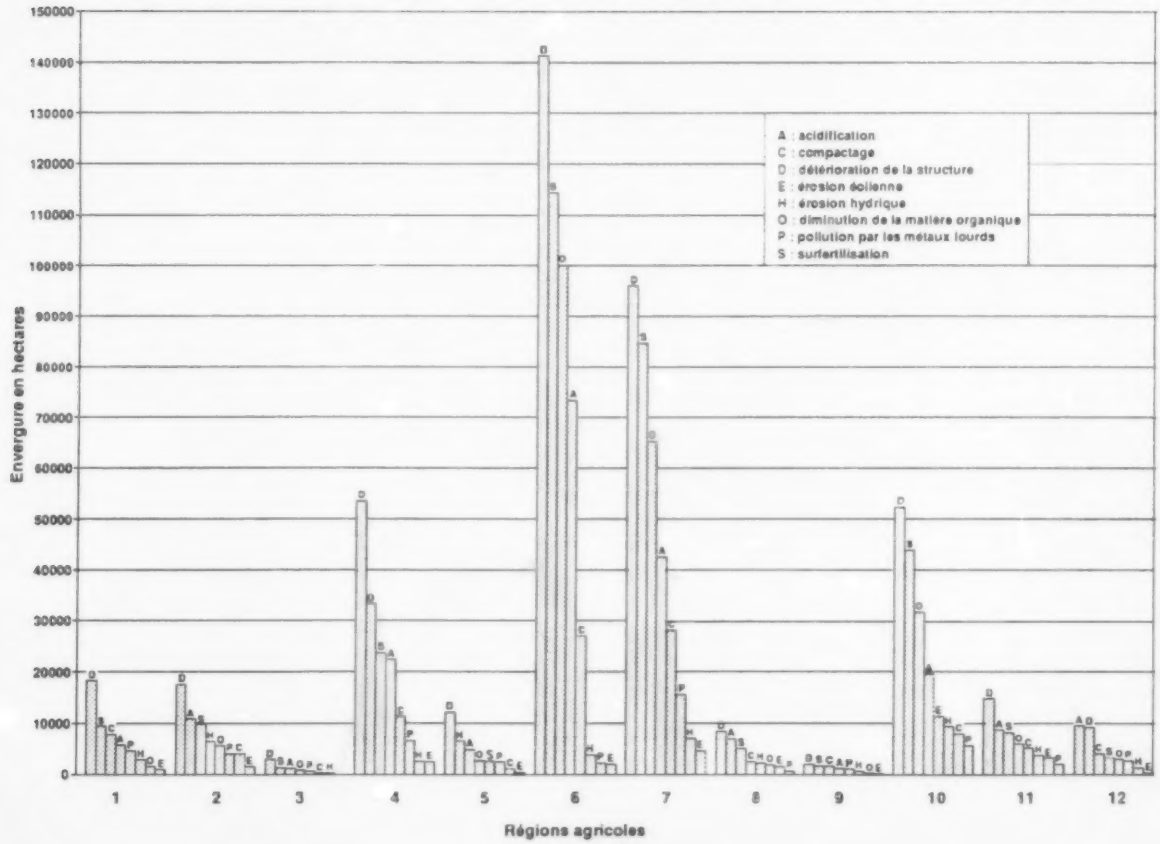


Figure 8: Envergure des phénomènes selon les régions agricoles

RECOMMANDATIONS

La prévention ou la mitigation des problèmes de dégradation des sols agricoles est possible de différentes façons. Les techniques les plus économiques sont souvent les plus appropriées telles la diminution du passage des engins et de la machinerie, le travail minimal du sol, l'utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides, etc. Le travail réduit allant jusqu'à l'absence de travail du sol peut s'avérer efficace dans certaines conditions, mais il n'est pas nécessairement désigné au renouvellement des prairies ou encore sur sols lourds. À chaque problème, sa solution.

Les moyens de prévenir ou d'atténuer **le compactage** se résument en une bonne gestion de la matière organique conjuguée à la rotation des cultures, surtout de plantes à racines profondes, au travail réduit du sol, à l'utilisation de pneus à basse pression, de roues doubles, à la diminution des passages et de la pression exercée par les engins en vue de favoriser le développement et le maintien d'une structure de qualité car la détérioration de la structure est un phénomène précurseur qui conduit souvent au compactage.

Pour contrer **la détérioration de la structure,** en plus des recommandations déjà mentionnées, les travaux doivent être exécutés dans de bonnes conditions d'humidité: éviter le passage de véhicules et d'engins lourds dans les champs en d'autres temps.

L'acidification, indiquée par la baisse du pH du sol, est attribuable au prélèvement d'éléments basiques par les récoltes, à l'apport d'engrais à base d'azote ammoniacale et de soufre, à l'action des microorganismes et au lessivage d'éléments ajoutés.

La réaction ou pH du sol étant déterminante dans la solubilité des éléments minéraux et, de ce fait, dans la capacité des plantes à y puiser ce dont elles ont besoin, il importe de freiner l'acidification et de maintenir ou d'amener les sols à un pH optimum pour la croissance des plantes par l'apport d'amendements calcaires, chaulage, et l'usage rationnel des engrais chimiques qui ont une action acidifiante.

Le niveau de **matière organique** dépend de la texture du sol. Mais qu'importe, lorsqu'il est inférieur à 3,5 pour cent en sols légers et à 4,5 pour cent en sols lourds, il est considéré comme étant trop bas. On dit alors que le sol est pauvre en matière organique. L'apport sous forme de fumier, de résidus de cultures ou de compost est recommandé. Malgré tout, l'augmentation du pourcentage d'humus du sol est très lent. C'est pourquoi il est recommandé de pratiquer la rotation des cultures, surtout lorsqu'il s'agit de monoculture laissant peu ou pas de résidu au sol telle la pomme de terre et, à un degré moindre le maïs fourrager, pour favoriser le maintien d'un bon niveau de matière organique.

Sans compter qu'elle est l'une des principales sources d'azote et d'éléments mineurs utiles à la plante, la matière organique améliore la structure et la capacité de rétention de l'eau ce qui diminue les risques de compactage et d'érosion.

Le **contrôle de l'érosion** fait appel à diverses techniques de conservation. Les principales contre **l'érosion hydrique** sont la rotation des cultures, les cultures en bandes alternées, la culture en travers de la pente, la voie d'eau engazonnée, le bassin de captage, la bande riveraine et les terrasses. Certaines de ces pratiques s'appliquent à **l'érosion éolienne** en plus des brise-vent, de l'orientation des champs perpendiculairement aux vents dominants, des cultures-abri et du maintien de la couverture végétale ou de résidus de cultures en surface. Le moyen le plus économique et le plus simple est encore

de prévenir les problèmes d'érosion en maintenant les sols à risque sous couverture végétale.

La surfertilisation est identifiée à des teneurs excédant 500 kg ha^{-1} de P ou de K sous formes échangeables ou assimilables dans l'une ou l'autre des deux premières couches du sol, ou à un enrichissement significatif de ces éléments dans la troisième couche du sol et **la contamination** par les métaux lourds non essentiels aux plantes est définie comme un enrichissement significatif en Cr, en Pb ou en Cd dans deux couches successives de sol.

Ces phénomènes peuvent être évités en augmentant la capacité de rétention du sol par l'apport de matière organique en laissant des résidus de récoltes au sol et épandage de fumier, compost et autres produits organiques, et par l'utilisation rationnelle des fumures: engrais chimiques, fumiers, lisiers, et des pesticides prenant en compte la capacité de rétention du sol. Car plus la capacité de rétention est faible, plus le risque de pollution est élevé.

Voilà quelques moyens pratiques, simples et efficaces de lutte contre la dégradation du patrimoine agricole.

CONCLUSION

L'inventaire systématique des problèmes de dégradation de l'ensemble du territoire agricole a été effectué sur les principales séries de sols du Québec.

Ce projet d'envergure a été réalisé suite à l'entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire, conclue le 17 février 1987. Il révèle que la monoculture selon les méthodes traditionnelles de travail du sol, occasionne divers phénomènes de dégradation des sols minéraux. Elle se manifeste sous la forme de détérioration de la structure, de compactage, d'acidification, de diminution de la matière organique, d'érosion, de surfertilisation ou de pollution par les métaux.

Ces phénomènes sont rigoureusement identifiés par les modifications des propriétés physiques et chimiques mesurées selon les procédés standard de terrain et de laboratoire ou encore ils sont estimés de divers facteurs ayant trait aux conditions de sols, de terrain et de cultures.

Les données sur les propriétés physiques et chimiques relatives à chaque sol figurent aux résultats et discussion à la série dans les rapports régionaux où les modifications qui vont dans le sens d'une dégradation sont signalées. On y trouve les valeurs numériques et une foule de renseignements concernant la qualité des sols permettant, non seulement d'établir leur vulnérabilité à la dégradation, mais encore de fonder les recommandations agronomiques eu égards aux besoins des plantes cultivées et à la conservation de la ressource. Il est à noter que ces renseignements complètent avantageusement ceux fournis au formulaire, émis par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, accompagnant la demande d'analyse auprès des laboratoires régionaux.

Ils permettent des recommandations selon les propriétés physico-chimiques de la série en cause. Les auteurs sont convaincus qu'avec les cartes pédologiques réalisées comté par comté, identifiant et localisant les sols, les rapports régionaux de l'inventaire des problèmes de dégradation deviendront les documents de base, l'ouvrage faisant autorité en conservation et en amélioration des sols du Québec.

Les règles à suivre pour prévenir ou remédier à la dégradation des sols, sans être exhaustives, faciliteront le choix, des mesures à prendre aux professionnels de l'agriculture soucieux de la conservation de la ressource selon les conditions particulières de sol et de milieu.

Le monde de l'enseignement y trouvera un nouveau matériel didactique concernant les propriétés et la vulnérablilité des sols du Québec.

L'inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec ajoute aux connaissances déjà obtenues grâce aux recherches et expertises dans ce domaine et s'inscrit dans la foulée de l'étude des sols réalisée à date.

Le domaine de la recherche en sols vient de s'enrichir d'une banque de données inestimables quant à leur nature, leur quantité et leur pertinence en termes agronomiques.

Il reste encore bien des secrets que «la terre» ne nous a pas livrés. Il appartient à la science et la technologie de les découvrir. L'inventaire portant sur le comportement des sols minéraux, soumis aux stress des monocultures pratiquées selon les façons culturales traditionnelles, a permis de constater la nature de la dégradation et l'envergure des phénomènes mais il reste à savoir jusqu'à quel point la dégradation des sols est tolérable sans porter atteinte de

façon irrémédiable à la qualité de la ressource et du milieu. L'inventaire a permis de constater qu'à bien des égards l'agriculture québécoise est le reflet des conditions pédologiques, climatiques et physiographiques.

En résumé, quatre-vingt pour cent des sols sont en bonne santé. Les autres sont plus ou moins détériorés. Il y a donc lieu d'appliquer les mesures d'amélioration et de conservation appropriées. C'est en prenant en compte les propriétés des sols, les risques de dégradation et les mesures de conservation qu'on assurera une agriculture durable et respectueuse de l'environnement. À preuve qu'il y a encore de l'avenir pour l'agriculture au Québec.

ANNEXE 1:
GUIDE PRATIQUE DE CONSERVATION DES SOLS AGRICOLES.

Le meilleur remède contre la dégradation des sols agricoles demeure encore la prévention. Guidé par le gros bon sens, on peut souvent y arriver par des règles simples sans devoir nécessairement abandonner la culture en cause.

En cas de détérioration de la structure:

- rotation des cultures;
- apport de matière organique;
- maintien de la matière organique en surface;
- le travail réduit du sol;
- passage limité des instruments et de la machinerie.

En cas de compactage:

- rotation des cultures;
- diminution des charges et de la fréquence des passages;
- utilisation de pneus à basse pression et de roues doubles;
- défense de circuler sur sol humide en l'absence d'un bon lacis racinaire;
- adopter le travail réduit du sol
- culture de plantes à racines profondes.

En cas de diminution de la matière organique:

- rotation des cultures;
- accumulation de résidus de récoltes;
- travail réduit du sol;
- apport d'amendements organiques.

En cas d'érosion hydrique:

- maintien de la couverture végétale;
- résidus de cultures en surface;
- culture en contre pente;
- cultures pérennes;
- travail réduit du sol.

En cas d'érosion éolienne:

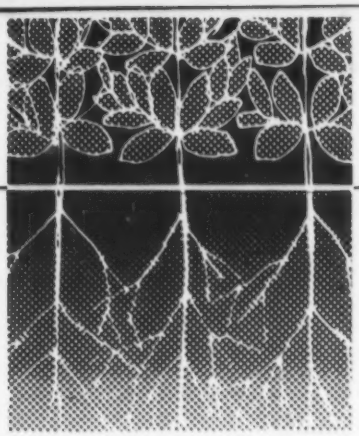
- maintien de la couverture végétale;
- cultures pérennes
- brise-vent;
- travail réduit du sol;
- chaume et résidus de cultures de surface.

En cas d'acidification:

- application d'amendements calcaires;
- dosage des quantités de fertilisants à la capacité de rétention du sol et réponse aux besoins de la plante par des applications répétées au lieu d'une seule dose massive;
- éviter les surdoses d'engrais acidifiants.

En cas de contamination ou pollution:

- augmentation de la capacité de rétention du sol par l'apport de matière organique en laissant des résidus de récoltes au sol et épandage de fumier (lisier), compost et autres produits organiques;
- utilisation rationnelle des fumures et des pesticides pour éviter la contamination des eaux souterraines ou de surface attribuable aux doses massives de fertilisants ou de pesticides.



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
Direction de la recherche et du développement
Service des sols